

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

институт

Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.И. Демченко

« 09 » 11 20 16 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

150700.62 - «Машины и технология обработки металлов давлением»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ТЕХНОЛОГИИ ПРЕССОВАНИЯ И ЗАГРУЗКУ ОБОРУДОВАНИЯ**

Руководитель

доцент, к.т.н. С.В. Мишнев

подпись, дата

должность, ученая степень

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А.Ю. Шкарбун

инициалы, фамилия

Консультант:

Организационно-
экономический
раздел

А.И. Демченко

Нормоконтролер

С.Л. Бусыгин

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

с  Заведующий кафедрой
А.И. Демченко

«04» 04 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту Шкарбун Антон Юрьевич
Группа МТ12-02Б Направление 150700.62
«Машины и технология обработки металлов давлением»

Тема выпускной квалификационной работы: «Проектирование технологии изготовления алюминиевого профиля и расчет эффективной загрузки оборудования прессового участка на ОАО «СЕГАЛ»

Утверждена приказом по университету № 5776 от 28.04.2016
Руководитель ВКР: С.В. Мишнев, к.т.н. доцент каф. «Машиностроение»

Исходные данные для ВКР и рекомендуемая литература:

1 Каталог профилей систем СИАЛ, Красноярск, 2014

2 Данченко В.Н., Миленин А.А., Головкин А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология. - Днепропетровск: ДНВП "Системные технологии", 2001. - 448 с.

3 Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справочник. – М.: Металлургия, 1982, с. 312.

4 Шевакин Ю.Ф. - Производство труб. – М.: Металлургия, 1968, с. 440.

5 Арчакова З.Н., Балахонцев Г.А. и др. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Справочник. – М.: Металлургия, 1984, с. 408.

6 ГОСТ 22233-2001* Профили прессованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций. Технические условия.

7 М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., "Машиностроение", 1977.

8 Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. – М.: Машигиз, 1978. – 368 с.

Перечень рассматриваемых вопросов в бакалаврской работе:

- 1 Литературный обзор по теме дипломной работы
- 2 Изучение технологической логистики на прессовом участке ООО ЛПЗ «СЕГАЛ»
3. Расчет исходной заготовки на примере деталей представителей профилей конфигурацией ABC.
4. Исследования температурно-скоростных режимов прессования по типу профилей ABC.
5. Исследование графической зависимости параметров прессования по типу профилей
6. Определить оптимальный вариант загрузки прессового оборудования по типам профилей.
7. Определить оптимальный выход годного по типам профилей с привязкой к оборудованию, под максимальную экономическую эффективность.
8. Укрупненный расчет себестоимости профиля
- 9.Расчитать экономический эффект от оптимальной загрузки оборудования по типам профилей

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов*

- Лист 1. Планировка прессового цеха
- Лист 2. Технологическая логистика
- Лист 3. Расчет заготовки
- Лист 4. Оборудование и оснастка
- Лист 5. Горизонтально-гидравлический пресс
- Лист 6.Периоды прессования и течение металла
- Лист 7. Основные технологические параметры
- Лист 8. Расчет себестоимости профиля
- Лист 9. Расчет экономической эффективности

Перв. примен.	ОГЛАВЛЕНИЕ				
	РЕФЕРАТ 9				
Справ. №	Введение..... 10				
	1 Общие сведения о компании СиаЛ 16				
	1.1 Основные источники сырья и главные потребители продукции..... 18				
	1.2 Структура производства СИАЛ..... 19				
	2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. ПАРАМЕТРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕССОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ 22				
	2.1 Расчет сопротивления деформации сталей и сплавов..... 22				
	2.2 Расчет усилия прессования..... 34				
	2.3 Расчет температурных условий процесса прессования..... 39				
	2.4 Оптимизация температурно-скоростных параметров процесса прессования для достижения максимальной производительности и требуемого уровня качества пресс-изделий. 43				
	2.5 Влияние параметров прессования на выход годного и качество профилей..... 47				
	2.6 Оборудование и технологический процесс..... 50				
	2.7 Сортамент и характеристика выпускаемой продукции..... 57				
	2.8 Организация контроля качества продукции..... 61				
	2.9 Основные виды дефектов прессования..... 65				
	2.10 Основные технологические операции..... 80				
	2.11 Режимы прессования..... 91				
	2.12 Влияние параметров прессования на выход годного и качество профилей..... 104				
	2.13 Правка профилей растяжением..... 106				
	2.14 Использование смазок и чистка контейнера..... 107				
	2.15 Режимы термической обработки..... 110				
	2.16 Система управления качеством профилей..... 123				
	3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ..... 134				
	3.1 Расчет нормы времени..... 134				
	3.2 Расчет действительного фонда времени работы оборудования и рабочих..... 134				
	3.3 Расчет капитальных затрат..... 137				
	3.4 Определение себестоимости продукции..... 138				
	3.5 Материальные затраты..... 138				
	3.6 Затраты на электроэнергию..... 139				
	3.7 Заработная плата..... 140				
	3.8 Амортизация..... 141				
	4 Литература 144				
Инв. № подл.	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Тема выпускной квалификационной работы «ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОФИЛЯ И РАС-
ЧЕТ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕССОВОГО
УЧАСТКА НА ОАО «СЕГАЛ»

Работа состоит из пояснительной записки, 9-ти листов графической части формата А1. Пояснительная записка из 132 страниц содержит 31 рисунок, 26 таблиц, количество использованных источников 8

Пояснительная записка состоит из Введения, трех основных разделов: (1 – Общие сведения; 2 – Технологическая часть; 3 – Организационно-экономический раздел) и Заключения.

Перечень ключевых слов: алюминиевый профиль, прессование, параметры прессования.

В работе решены следующие задачи:

- Проведен литературный обзор по теме дипломной работы. Изучена технологическая логистика на прессовом участке ООО ЛПЗ «СЕГАЛ»
- Произведен расчет исходной заготовки на примере деталей представителях профилей конфигурацией А В С.
- Исследован температурно-скоростных режимов прессования по типу профилей А В С.
- Исследована графическая зависимость параметров прессования по типу профилей
- Определен оптимальный вариант загрузки прессового оборудования по типам профилей.
- Определен оптимальный выход годного по типам профилей с привязкой к оборудованию, под максимальную экономическую эффективность.
- Произведен укрупненный расчет себестоимости профиля
- Рассчитан ожидаемый экономический эффект от оптимальной загрузки оборудования по типам профилей

ВВЕДЕНИЕ

Алюминиевый рынок делится на производителей первичного алюминия и сплавов на его основе – сегмент upstream, производителей алюминиевой продукции – сегмент downstream и производителей алюминия из вторичного сырья (переработка алюминия).



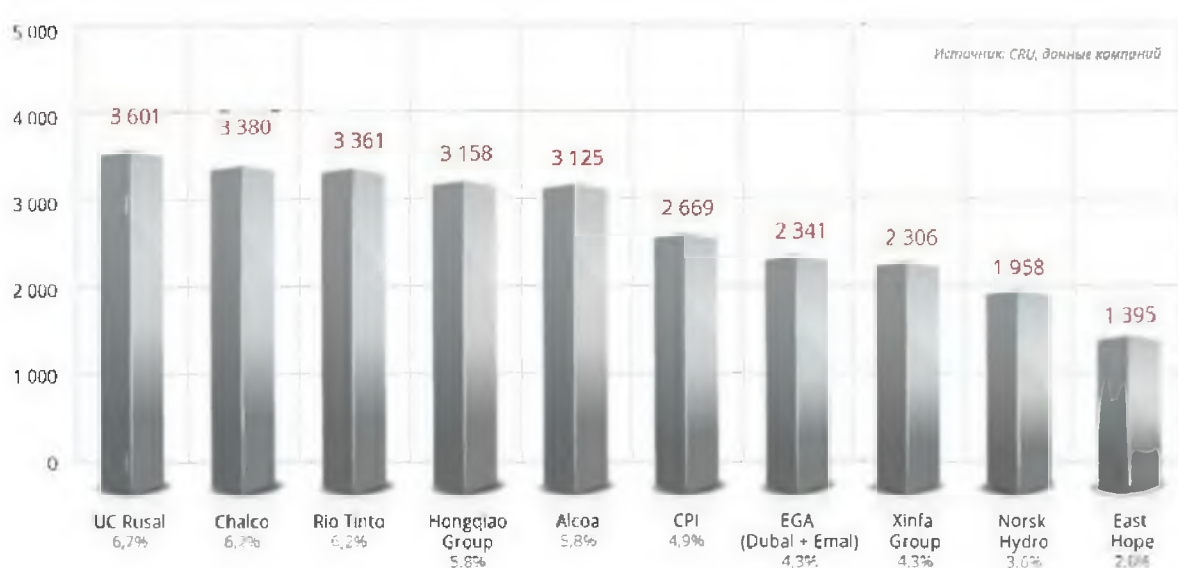
Рисунок 1 – Поставка сырья из Австралии

Сегмент upstream – это не только производство первичного алюминия и сотен различных сплавов, но и вся сырьевая цепочка, которая предшествует этому процессу. Для производства алюминия требуется добыть боксит, переработать его в глинозем и доставить на алюминиевый завод. Крупнейшие мировые производители алюминия, как правило, представляют собой вертикально-интегрированные холдинги, включающие в себя бокситовые рудники и глиноземные заводы. Преимуществом вертикальной интеграции для крупных компаний является то, что они становятся независимыми от колебаний цен и многих других внешних факторов, обеспечивая себя сырьем в необходимом объеме для непрерывного процесса производства алюминия. Небольшие производители, как правило, закупают сырье у внешних поставщиков.

Наибольшие запасы бокситов в мире сосредоточены в тропическом и субтропическом поясах Земли, поэтому основные объемы добычи обеспечивают страны Юго-Восточной Азии, Латинской Америки и Африки, а также Австралия (

Рисунок 1). Как правило, в этих регионах расположено и производство глинозема, что позволяет экспортировать более сложный продукт с добавленной стоимостью.

Таблица 1 – Крупнейшие производители алюминия в мире 2015 год



На сегодняшний день крупнейшим производителем первичного алюминия в мире является российская компания РУСАЛ, созданная в 2000 году. В ее состав входят предприятия по производству алюминия, глинозема и бокситов на территории России и Украины, а также иностранные активы, вошедшие в результате серии слияний и поглощений в 2000-х годах. Крупнейшие производители алюминия представлены в таблице (Таблица 1)

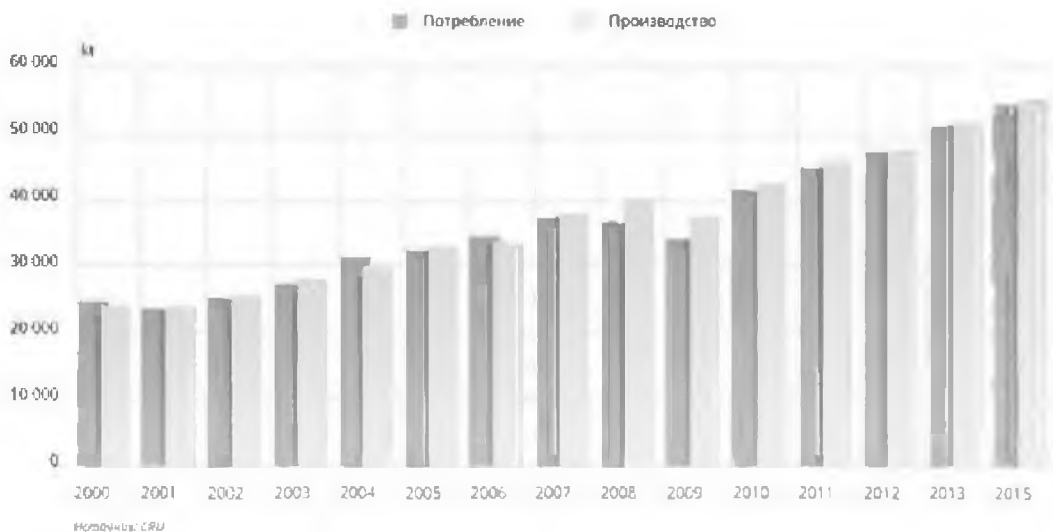


Старейшим производителем металла в мире, также входящим в ТОП-10, является американская Alcoa. Она была основана 1 октября 1888 года одним из

Цели, задачи	<p>изобретателей применяемой сегодня во всем мире технологии электролиза алюминия Чарльзом Мартином Холлом и называлась тогда Pittsburgh Reduction Company. В 1907 году название изменили на «Алюминиевую компанию Америки» (Aluminum Company of America), оно сохранилось до 1999 года, когда его официально сократили до Alcoa.</p>																									
Ссылка №	<div></div> <p>Еще один участник рейтинга – австралийско-британский концерн Rio Tinto, одна из крупнейших в мире диверсифицированных горнометаллургических компаний. В 2007 году она приобрела за рекордные \$38 млрд канадскую алюминиевую компанию Alcan (Aluminum Company of Canada Limited), что позволило ей стать одним из глобальных лидеров по производству алюминия. Кстати, Rio Tinto обошла Alcoa, которая также участвовала в борьбе за Alcan.</p>																									
Подпись и дата	<div></div> <p>Западную Европу в топ-листе производителей представляет норвежская Hydro. Компания тоже имеет более чем столетнюю историю: она была основана в 1905 году изначально для реализации проектов в гидроэнергетике и с тех пор выросла в крупный международный энергометаллургический холдинг.</p>																									
Имя, № докум.	<div></div>																									
Взам. инв. №	<p>За последние несколько лет в список крупнейших upstream-производителей стремительно ворвалась целая плеяда китайских компаний – Chalco, Hongqiao, Xinfu, East Hope, и их доля постоянно растет. Сегодня китайский алюминиевый рынок является крупнейшим в мире по объемам производства, на него приходится около половины мирового объема. При этом свыше 90% алюминиевого производства в Китае обеспечивается энергией ра-</p>																									
Подпись и дата																										
Имя, № инв.	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</td><td>Лист</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>12</td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td><td colspan="2"></td></tr></table>										БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист							12	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист																				
						12																				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																						

Церв. цв. цв.		<p>ботающих на угле электростанций, создавая серьезную нагрузку на окружающую среду.</p> <p>Еще одним крупным игроком рынка становятся компании из Ближнего Востока, такие как EGA (объединенные Dubal и Emal), Alba, Qatar Aluminium, Sohar Aluminium и другие. Все они обладают важным преимуществом: возможностью использовать для производства дешевую электроэнергию, получаемую при сжигании попутного газа нефтяных месторождений.</p> <p>Наконец, быстро наращивают объемы производства компании из Индии – Hindalco, Vedanta и другие. По прогнозам, Индия может стать крупным экспортером алюминия на международный рынок, поскольку рост мощностей уже сегодня превышает объем внутреннего потребления.</p>				
Сирин. №		 <p>Рисунок 2 – Блок цилиндра</p> <p>Количество downstream-производителей в мире исчисляется тысячами. Их продукция – это огромный спектр товаров, начиная от алюминиевых полуфабрикатов и заканчивая готовыми алюминиевыми изделиями (Рисунок 2).</p> <p>Среди крупнейших downstream-производителей – американские Novelis и Aleris, британская Rexam, европейские Constellium и SAPA и многие другие компании, производящие алюминиевые банки, фасадные материалы, части фюзеляжа и корпусов автомобилей, материалы упаковки, трубы, панели, профили и прочие виды огромного списка алюминиевой продукции.</p> <p>В последнее время среди upstream-компаний паметилась тенденция к развитию собственных downstream-направлений, что позволяет им получать</p>				
Подпись и дата						
Имя, № док.						
Вид, шифр, №						
Подпись и дата						
Имя, № посл.		<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div> <div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div> <div> <div>Лист</div> <div>13</div> </div>				

Перв. прилож.	дополнительную прибыль. Например, Alcoa заявила, что взяла курс на трансформацию бизнес-модели и больше не будет являться чисто сырьевой компанией. Норвежская Hydro, оставаясь одним из лидеров по производству первичного металла, также является одним из ведущих европейских производителей downstream-продукции. Крупнейший производитель алюминия в мире РУСАЛ тоже имеет downstream-сегмент – производство всех видов алюминиевой фольги для нужд пищевой, строительной и электротехнической отраслей промышленности.
Справка №	<p>Производство алюминия в мире из года в год увеличивается вслед за непрерывно растущим спросом на этот металл. В среднем мировая потребность в алюминии увеличивается на 5-7% ежегодно. Так, мировое потребление первичного алюминия в 2014 году по сравнению с 2013 годом увеличилось на 7% – до 54,8 млн тонн. А по итогам 2015 года мировой спрос должен вырасти еще на 6% – до 58 млн тонн.</p>

Подпись и дата	 <p>Рисунок 3 – Производство и потребление алюминия в мире</p> <p>Вместе с тем рост потребления алюминия происходит на фоне глобальной урбанизации и индустриализации. И если в странах с развитой экономикой уже достигнут высокий уровень экономического развития, то развивающиеся страны как раз весьма активно наверстывают упущенное.</p>			
Имя, № обл.				
Взам. инв. №	<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>			
Подпись и дата				
Имя, № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись

Перв. примен.	<p>Глобальный алюминиевый рынок сегодня можно условно разделить на две части: Китай и все остальные страны. За последнее десятилетие Китай продемонстрировал феноменальные темпы экономического роста, и в том числе стал крупнейшим в мире производителем и потребителем алюминия.</p> <p>На КНР сегодня приходится половина всего мирового объема производства и потребления алюминия, ни одна другая страна не может приблизиться к Китаю по этому показателю. При этом все свои потребности в первичном металле Китай закрывает исключительно собственным же производством, поэтому чаще всего он рассматривается отдельно от мирового. В то же время Китай активно наращивает экспорт алюминиевых полуфабрикатов, конкурируя на глобальном рынке с западными компаниями.</p> <p>На втором и третьем местах по объемам потребления алюминия – рынки Европы и США, где спрос исторически очень велик по причине высокого уровня промышленного развития экономик этих стран. Еще один крупный рынок – Япония, не только страна с развитой экономикой, но и родина огромного количества технических новинок в сфере электроники и приборостроения. При этом Страна восходящего солнца импортирует весь необходимый ей первичный металл, совершенно не имея собственного алюминиевого производства. Причина – в отсутствии на ее территории мощных и дешевых источников электроэнергии.</p> <p>Также постоянный хороший прирост потребления показывают активно развивающиеся страны Юго-Восточной Азии.</p> <p>Наибольшее количество алюминия идет на нужды транспортной и строительной отраслей экономики – в 2015 году на них пришлось 27 и 25% соответственно. Из алюминиевых сплавов делают детали фюзеляжа самолетов, части корпусов автомобилей и поездов, детали топливных систем, систем кондиционирования, части моторов, детали кресел и внутренней отделки, яхты и морские суда, космические шаттлы и твердое ракетное топливо. В наш век в моде легкость, скорость и надежность, а гарантировать все это может только алюминий.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.
	Лист				

Целевой проект	<div><table><thead><tr><th>Отрасль</th><th>Объем (тыс. тонн)</th><th>Доля (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Транспорт</td><td>20 245</td><td>27%</td></tr><tr><td>Строительство</td><td>19 025</td><td>25%</td></tr><tr><td>Упаковка</td><td>11 693</td><td>16%</td></tr><tr><td>Энергетика</td><td>9 929</td><td>13%</td></tr><tr><td>Прочие</td><td>3 926</td><td>5%</td></tr><tr><td>Потребительские товары</td><td>3 775</td><td>5%</td></tr><tr><td>Машиностроение</td><td>6 852</td><td>9%</td></tr></tbody></table></div>					Отрасль	Объем (тыс. тонн)	Доля (%)	Транспорт	20 245	27%	Строительство	19 025	25%	Упаковка	11 693	16%	Энергетика	9 929	13%	Прочие	3 926	5%	Потребительские товары	3 775	5%	Машиностроение	6 852	9%
Отрасль	Объем (тыс. тонн)	Доля (%)																											
Транспорт	20 245	27%																											
Строительство	19 025	25%																											
Упаковка	11 693	16%																											
Энергетика	9 929	13%																											
Прочие	3 926	5%																											
Потребительские товары	3 775	5%																											
Машиностроение	6 852	9%																											
Справ. №	<p align="center">Рисунок 4 – Потребление по отраслям (тыс. тонн)</p> <p>В строительстве этот металл также завоевал весьма прочные позиции: без него не обходится ни один небоскреб, ни одно металлокаркасное здание, да и обычный жилой дом. Оконные и дверные панели, кровля, строительные каркасы, фасадные и несущие конструкции, элементы внешнего декора, сайдинги, лестницы, системы кондиционирования и отопления – все это сегодня производится с использованием алюминия и сплавов на его основе.</p> <p>Следующими по объему отраслями использования являются упаковка и энергетика – 16 и 13%. Алюминий незаменим при производстве линий электропередач и телефонных проводов, радиолокаторов, конденсаторов и так далее. В сфере упаковки главные позиции занимают пищевая фольга и алюминиевая банка для напитков. В мире ежегодно производится более 200 млрд банок для напитков, ну и ничего более удобного и качественного, чем упаковка из алюминиевой фольги, человечество пока еще не придумало.</p>																												
Подпись и дата	<h3>1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОМПАНИИ СИАЛ</h3> <p>Группа обществ СИАЛ – это независимые юридические лица, отношения которых строятся на основе управленческих, организационных и хозяйственных договоров, участвующих в реализации совместных программ техно-</p>																												
Имя, № подл.																													
Взам. инв. №																													
Имя, № подл.																													
Подпись и дата	<table><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																									
Имя, № подл.	<div align="right">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div>																												
	<div align="right">16</div>																												

Перв. примен.	<p>логического, производственного и экономического развития. Становление группы обществ СИАЛ относится к началу 90-х годов. В это время в ее акти- вах начали аккумулироваться пакеты акций крупных предприятий федераль- ного и местного значения. К середине 90-х годов группа обществ СИАЛ уже являлось третьим, после государства и ОАО «КрАЗ», акционером одного из крупнейших в России предприятий по переработке алюминия – Красноярский металлургический завод (ОАО «КраМЗ»).</p>				
	Справ. №	<p>Со второй половины 90-х годов группа обществ СИАЛ самостоятельно занимается переработкой алюминия (сплавы, профиль, изделия из сплава и профиля), для чего были созданы производственно-торговые общества: ООО «ДАК», ООО «Торговая компания «Сегал» (в настоящее время Литейно- Прессовый Завод Сегал»), ООО «ТД «Профиль».</p>			
<div>Подпись и дата</div> <div>Име. № докл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Име. № подл.</div>		<p>ООО «ЛПЗ «Сегал» является одним из крупнейших в России разработ- чиков и поставщиков системных алюминиевых профилей для строительных конструкций. Алюминиевые профили системы «СИАЛ» обладают широчай- шими техническими возможностями, высокими качественными characterи- ками, соответствующими международным стандартам. В номенклатуре основ- ной продукции также алюминиевые сплавы, проволока алюминиевая, которая используется во всевозможных областях, начиная от энергетической области и заканчивая ремонтными работами; радиаторы отопления, навесные вентили- руемые фасады «СИАЛ» и система профилей для крепления навесных вентили- руемых фасадов. Также компания «ЛПЗ «Сегал», кроме широкого ассорти- мента продукции, предлагает партнерам:</p>			
	<p>- помощь в организации производства (дилерство) алюминиевых, строительных конструкций и торгового оборудования в регионах, из наших системных профилей и комплектующих;</p>				
	<p>- проектирование алюминиевых строительных конструкций для крупных и малых объектов;</p>				
	<p>- изготовление профилей любой конфигурации по чертежам и об- разцам заказчика, их покраска, анодирование.</p>				
<div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div>					
<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div>					
<div>Лист</div> <div>17</div>					

Целевые показатели	<p>Выгодное географическое положение позволяет оперативно решать любые вопросы деятельности от Владивостока до Санкт-Петербурга, от Норильска до Сочи. Мы сотрудничаем со многими компаниями в России, применяющими нашу продукцию и находящимися более чем в ста городах страны. Для удобства наиболее удаленных партнеров созданы консигнационные склады в Москве, Владивостоке, Ростове-на-Дону и Омске.</p>				
	<p>Миссия ООО «ЛНЗ «Сегал» – стать одним из локомотивов российской экономики, содействовать выходу из кризиса. "Смелые идеи, Абсолютное лидерство" – вот слагаемые успеха компании.</p>				
Сфера №	<p>Деятельность ООО «ЛНЗ «Сегал» направлена на получение прибыли при непрерывном развитии и учете интересов общества и государства. «ЛНЗ «Сегал» делает ставку на профессиональное мастерство своих сотрудников, инициативу, инициативу и творческие усилия всего коллектива.</p>				
	<p>Количество работающих на территории завода 826 человек, количество инструментальщиков 43 человека, прессовщиков 145 человек.</p>				
Подпись и дата	<h3>1.1 Основные источники сырья и главные потребители продукции</h3>				
	<p>Основной объем запасов и ресурсов бокситов(глинозема) сосредоточен в Красноярском крае на разведанных месторождениях Чадобецкой (Центральное, Ибджибдеевское и Пуньское) и Приангарской (Норожпинецкое, Киргитейское, Верхпетуровское) групп</p>				
Имя, № докум.	<p>Российская алюминиевая промышленность является наиболее преуспевающей из отечественных металлургических отраслей, являясь крупнейшим в мире экспортером алюминия. Из 20 млн выплавляемого в мире первичного алюминия на Россию приходится примерно 15% или 3 млн т. Из них более 75% приходится на алюминиевые заводы расположенные в Сибири.</p>				
	<p>Основным источником сырья для производства профилей являются алюминиевые слитки сплава АД3П.</p>				
Имя, № докум.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>					<p>Лист</p> <p>18</p>

Церв. примен.	<p>Основными потребителями алюминиевых профилей является строительная отрасль, нефтегазовая, электротехническая промышленность, транспортное машиностроение. На территории Красноярского края продукция завода применялась при строительстве и реконструкции таких значимых объектов промышленности и энергетики, социально-бытового назначения, культуры и спорта, как Саяно-Шушенская ГЭС, Речной флот, на строительных объектах "Гражданстрой", Детский дом Совмена, Шоколадная фабрика "Краскон", БКЗ, Ж/д вокзал, Ледовый дворец, Академия биатлона и др.</p>				
	Служб. №	<p>1.2 Структура производства СИАЛ</p> <p>Количество цехов три:</p> <ul style="list-style-type: none"> -литейный -прессовый -сборочный <p>Оборудование прессового цеха:</p> <p><i>1. Пресс</i></p> <p>Алюминиевый профиль производится под действием продавливания материала (заготовки) через определенное отверстие в матрице, эта технология называется экструзией. Весь процесс производства разделяется на несколько этапов. Для начала прессования профилей, необходимо придать матрице(пресс форме) температуру прессования (450-480 градусов Цельсия), это делается в индукционных печах, с целью предотвратить пере падок температур при прессовании и продлить эксплуатационные свойства матрицы. На первом этапе прессования происходит прогревание оборудования производящее прессование и прогрев заготовок в специальной газовой печи. На втором этапе происходит прессование профиля. А на третьем этапе происходит резка материала и процесс старения готового материала. Очень важно на каждом из этих этапов очень тщательно контролировать работу и не отходить от положений и норм производства. При нарушении одного из этапов производства возникают дефекты и брак готовой продукции.</p>			
Подпись и дата		Име. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Перв. примен.	Всего прессов на территории завода шесть:				
	-пресс усилием 2750-3(сдан в эксплуатацию 1994г) -пресс усилием 1200 (сдан в эксплуатацию 1999г) -пресс усилием 2500 (сдан в эксплуатацию 1999г) -пресс усилием 2150 (сдан в эксплуатацию 2012г) -пресс усилием 2750-5 (сдан в эксплуатацию 2013г) -пресс усилием 1450-6 (сдан в эксплуатацию 2014г)				
Справ. №	2. <u>Линия «ОЕММЕ» (для изготовления комбинированных профилей)</u>				
	Линия фирмы «ОЕММЕ» производства Италии предназначена для изготовления комбинированного профиля методом соединения двух (наружного и внутреннего) алюминиевых профилей одной марки сплава, с последующей закаткой соединительных элементов. В качестве соединительных элементов применяют термомосты(термовставки) из полиамида по ГОСТ31014, материала с более низкой теплопроводностью, в количестве 2-х профилей. Комбинированные профили предназначены для изготовления «теплых» конструкций (фасады, витражи, двери, окна). Полиамидный профиль должен иметь температуру помещения. Технологический процесс изготовления комбинированного профиля состоит из следующих этапов: -приемка профилей полуфабрикатов; -нанесение насечки на алюминиевых половинках комбинированного профиля на станке по нанесению насечки модели AS40Z; -вставка полиамидного профиля в соответствующие пазы алюминиевого на станке для вставки, модель AS240I; -закатка комбинированного профиля на станке для закатки с ЧПУ, модель AS260GA; -проверка закатного профиля на сдвиг на испытательном приборе;				
Подпись и дата	Име. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
					Лист 20

Перв. примен.	<p>-если профиль прошел проверку на сдвиг, то разрешается запустить оставшееся количество профиля в работу, если испытания на сдвиг показали отрицательный результат, то необходимо откорректировать настройки станки для нанесения насечки и станка для закатки комбинированного профиля, и повторить цикл для одного профиля.</p>														
Справ. №	<p>3. <u>Линия «Trevisan» (для окрашивания профилей из алюминиевых сплавов порошковыми красками)</u></p> <p>Общие требования:</p> <p>-для окрашивания профилей использовать порошковые краски следующих типов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Полиэфирную (PP, PE) –для наружного применения; • Эпоксиполиэфирную (MP) – для внутреннего применения. <p>Для окрашивания профилей использовать порошковые краски только одного производителя.</p> <p>Линия состоит из туннеля предварительной подготовки, установки деминерализации и окрасочной системы.</p> <p>В состав окрасочной линии входят:</p> <ul style="list-style-type: none"> -самоочищающаяся кабина напыления; -центральная электропанель и панель порошкового центра; -циклон; -система чистки; -питатель для краски (2 шт- по 120 кг); -печь инфракрасного излучения; -печь полимеризации; -компрессор сжатого воздуха. 														
Подпись и дата															
Име. № дубл.															
Взам. инв. №															
Подпись и дата															
Име. № подл.															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											
					<p>Лист</p> <p>21</p>										

Перв. примен.	2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. ПАРАМЕТРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕССОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ													
	2.1 Расчет сопротивления деформации сталей и сплавов.													
Справ. №	<p>Определение силовых условий прессования необходимо для выбора оборудования, расчета инструмента, установления энергетических затрат и других показателей. Расчет усилия прессования позволяет прогнозировать возможность изготовления данного пресс-изделия, является в дальнейшем одним из основных технологических параметров для оптимизации существующей технологии. Важнейшим показателем, необходимым для расчета силовых условий процессов прессования является сопротивление деформации σ_S, которое по С.И. Губкину является интенсивностью напряжений необходимых и достаточных для осуществления иластической деформации материала при заданных условиях деформирования. Вопрос определения реального значения σ_S для конкретного режима прессования по-прежнему является весьма актуальным, так как даже использование новых методов расчета с применением мощных ЭВМ незначительно повышают точность определения энергосиловых параметров процесса прессования, если важнейшую характеристику деформируемого металла – его σ_S – задают со значительными погрешностями. Согласно теории максимальных касательных напряжений течение металла всегда начинается под действием нагрузки, равной наибольшему касательному напряжению. Если обозначить главные нормальные напряжения $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, то согласно этой теории:</p>													
	<div style="text-align: right;"> $\tau_{\max} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2, \tag{1}$ </div>													
Подпись и дата	или													
	<div style="text-align: right;"> $2\tau_{\max} = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_S, \tag{2}$ </div>													
Инв. № подл.														
Взам. инв. №														
Подпись и дата														
Инв. № докл.														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ </div> <div> Лист 22 </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Перв. примен.	<p>Разность главных напряжений, необходимая для начала пластического течения, и является сопротивлением деформации σ_s. В соответствии с гипотезой максимальных касательных напряжений среднее главное напряжение σ_2 не оказывает влияния на начало пластической деформации. Однако, по исследованиям В. Лодэ, а также М. Роша и П. Айхингера, влияние σ_2 может все же иметь место. При этом течение материала начинается в том случае, когда работа упругого формоизменения превышает определенный предел. Условие пластичности записывается в этом случае в виде:</p>													
	$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]} \quad (3)$													
Справ. №	<p>Наибольшие отклонения значений σ_s, определяемых по гипотезе формоизменения, от тех значений, которые определяются по гипотезе максимальных касательных напряжений, не превышают 15 %. Сопротивление деформации σ_s – это не константа материала, а переменная величина, зависящая от свойств материала и параметров процесса деформации. При прессовании в отличие от большинства других методов обработки металлов давлением деформируемый материал находится под действием трех сжимающих главных напряжений. Наибольшее – осевое напряжение σ_1. Тангенциальное и радиальное напряжения σ_2 и σ_3 для цилиндрической заготовки являются равными величинами, сумма которых меньше величины осевого напряжения. Следовательно, можно записать:</p>													
	$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3, \quad (4)$													
Взам. инв. №	<p>Для частных случаев прессования характерно осесимметричное или плоское напряженно-деформированное состояние (что зависит от формы контейнера и прессуемого профиля), при котором сопротивление деформации будет равно разнице главных напряжений:</p>													
	$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta \sigma_s, \quad (5)$													
Подпись и дата	<p>где $\beta = 1,0 \div 1,15$ – коэффициент Лодэ Степень деформации при пресс-</p>													
Име. № подл.														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> <p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div> <div> <p>Лист 23</p> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Перв. примен.	<p>совании выражается натуральным логарифмом отношения площадей поперечного сечения распрессованной заготовки, которая равна площади контейнера FK, и пресс-изделия Fnp, т. е. коэффициента вытяжки:</p> $\lambda = \frac{F_K}{F_{np}}, \quad (6)$				
	<p>Из общего определения скорости деформации можно записать:</p> $\dot{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\tau_D}, \quad (8)$				
Справ. №	<p>где τ_D – длительность деформации соответственно. Для процесса прессования характерна значительная неравномерность скоростей деформации в поперечном сечении деформационной зоны, поэтому чаще рассчитывают не истинные скорости и их распределение, а среднюю скорость деформации. Для расчета средних скоростей деформации профиля $\dot{\epsilon}_{српр}$ и трубы $\dot{\epsilon}_{сртр}$ могут быть рекомендованы следующие формулы:</p>				
	$\dot{\epsilon}_{сртр} = \frac{2v_{np} \lg \alpha_M}{D_{оп.окр}}; \quad (9)$				
Подпись и дата	$\dot{\epsilon}_{српр} = \frac{2v_{np} \lg \alpha_M}{D_{тр} - d_{II}}, \quad (10)$				
	<p>где v_{np} – скорость движения пресс-шайбы; α_M – угол матрицы; $D_{оп.окр}$, $D_{тр}$ и d_{II} – диаметр описанной окружности профиля, наружный и внутренний диаметры трубы соответственно.</p>				
Инв. № докл.	<p>Течение металла из контейнера происходит под действием силы гидравлического пресса $P_{об}$, создаваемой давлением жидкости ржвд на главный плунжер пресса площадью $F_{гп}$. Тогда максимальное усилие пресса будет равно:</p>				
	$P_{об} = p_{жвд} F_{гп} \quad (11)$				
Взам. инв. №	<p>Усилие, необходимое для выдавливания металла из контейнера через рабочий канал в матрице, называют усилием прессования. Для определения фак-</p>				
	<p>тического усилия прессования.</p>				
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ
					Лист 24

Перв. примен.	<p>тического усилия прессования РПР по показанию манометра необходимо максимальное усилие пресса разделить на наибольшее давление жидкости ржвд, на которое рассчитан пресс, и полученный результат умножить на показание манометра рман в данный момент прессования:</p> $P_{ПР} = \frac{P_{ОБ} * P_{ман}}{P_{жвд}} \quad (12)$				
	Справ. №	<p>Усилие прессования, отнесенное к площади сечения контейнера FK, называют удельным усилием истечения или давлением прессования:</p> $p_{ПР} = \frac{P_{ПР}}{F_K} \quad (13)$ <p>где КПР – коэффициент, зависящий от способа прессования, параметров деформации, трения и т.д.</p> <p>Сопротивление деформации σ_s при прессовании можно определить проведением натурных экспериментов, экспериментально и аналитически на основе математической обработки экспериментальных данных. При определении σ_s путем натурных экспериментов при прессовании используют выражение (14) и получают наиболее точные результаты при корректном расчете коэффициента КПР. Однако такие эксперименты в условиях производства трудоемки, дорогостоящи и зачастую, особенно для новых разновидностей процесса, вообще невозможны. При проведении лабораторных экспериментов необходимо использовать такой метод механического испытания материала, при котором обеспечивалось бы равенство соотношений напряжений и деформаций при испытаниях и технологическом процессе. Данное условие, как правило, невыполнимо. Поэтому результаты лабораторных исследований могут быть менее точными, а эксперимент также остается довольно трудоемким, хотя и менее дорогостоящим. Аналитические методы определения σ_s менее точны, однако они не требуют больших затрат, а главное - позволяют установить влияние отдельных параметров процесса прессования на σ_s и дать их количественную оценку. Единственно достоверным экспериментальным способом</p>			
Подпись и дата		Име. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

определения σ_s , при котором возможно достижение тех степеней деформации, сопоставимых с реализуемыми в процессах прессования, является метод испытания на горячее скручивание образцов разного диаметра, предложенный в работах Д.И. Суярова, Р. Мура, К. Вебера, Шварцбарта, В.П. Стенанова. Сущность этого метода сводится к определению разности крутящих моментов при скручивании двух стандартных образцов с разными диаметрами в рабочей части, что сводит к минимуму ошибки, связанной с неравномерным распределением скорости и величины деформации в поперечном сечении сплошного образца.

В энергосиловых расчетах И.Л. Перлин применяет несколько значений σ_s : среднее сопротивление деформации по ОЧПЗ, сопротивление деформации в начале и на выходе из ОЧПЗ – σ_{SH} и σ_{SK} соответственно. При этом σ_{SH} приравнивается линейному напряжению текучести при статическом растяжении (табл. 1), а $\sigma_{SK} = C U \sigma_{SH}$, где $C U$ – коэффициент скоростного упрочнения, зависящий от длительности деформации t_d (времени пребывания прессуемого металла в ОЧПЗ) и вытяжки l

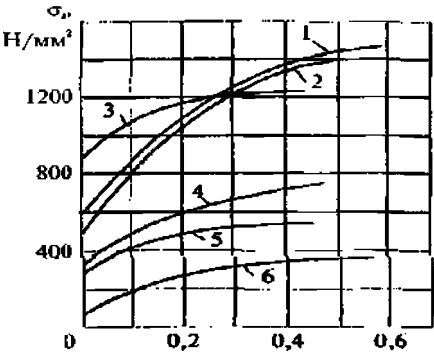
Таблица 2

Температура, °C	200	250	300	350	400	450	500	-	-	-
Алюминий	50	35	25	20	15	-	-	-	-	-
Al3	55	40	30	25	22	12	-	-	-	-
AMg7	-	-	80	60	40	35	23	-	-	-
Д1	-	-	55	45	35	30	25	-	-	-
Д16	-	-	70	50	40	35	28	-	-	-
В95	-	-	100	80	65	50	35	-	-	-
АМ15	-	-	-	42	32	27	20	-	-	-
Магний	40	25	20	16	12	10	-	-	-	-
МА1	-	-	40	34	30	25	-	-	-	-
МА2, МА8	-	-	70	55	40	28	-	-	-	-
МА3	-	-	60	50	35	28	-	-	-	-
МА5	-	-	52	45	40	35	-	-	-	-

Л.А. Шофман берет значения сопротивления деформации с учетом влияния на сопротивление деформации температурно-скоростных условий процесса прессования. Это учитывается при помощи дополнительных коэффициентов:

Церв. примен.	$\sigma_S = \sigma_{S0} \omega_T \varphi_{I^*} \quad (15)$ <p>Температурный коэффициент ω_T определяется из выражения:</p> $\omega_T = \exp(3,5 * 10^{-3} (T_{ПЛ} - T_{ПР})), \quad (16)$ <p>где ТПЛ и ТПР – абсолютные температуры плавления и прессования, °К; Скоростной коэффициент φ_v определяется из выражения:</p> $\varphi_{I^*} = \dot{\epsilon}_{CP}^n, \quad (17)$ <p>где $\dot{\epsilon}_{CP}$ - средняя скорость деформации в процессе установившегося истечения и рассчитывается по формулам: - для прутков</p> $\dot{\epsilon}_{CP} = \frac{2v_{np} \ln \lambda}{b_{np} D_K}; \quad (18)$ <p>- для труб</p> $\dot{\epsilon}_{CP} = \frac{2v_{np} \ln \lambda}{b_{np} (D_K - d)}. \quad (19)$ <p>При прессовании труб, прутков методами прямого и обратного истечения b_{np} коэффициент соответственно равен 0,7; 0,8; 0,3. Коэффициент n определяется из выражения:</p> $n = n_0 \left(\frac{T_{ПР}}{T_{ПЛ}} \right)^2, \quad (20)$ <p>где $n_0 = 0,18 \div 0,20$ для алюминия и его сплавов; $n_0 = 0,20 \div 0,25$ для меди и ее сплавов.</p> <p>Значения σ_{S0} для различных металлов так же, как у И.Л. Перлина, сравниваются линейному напряжению текучести при статическом растяжении: медь – 18÷20 МПа; алюминий – 16÷17 МПа; А_{Мц} – 25 МПа; Д1 – 35 МПа; Д16 – 38 МПа. Следует отметить, что при проведении механических испытаний на растяжение невозможно достигнуть таких степеней деформации, которые соответствуют степеням деформации, реализуемых в производственных условиях, а при кручении – очень сложно обеспечить скорости деформации, особенно для скоростных процессов прессования таких материалов, как сталь. Поэтому</p>													
	Справ. №													
Подпись и дата														
	Име. № докл.													
Взам. инв. №														
	Подпись и дата													
Име. № подл.														
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ </div> <div> Лист 27 </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № докл.	Подпись и дата	<p>необходимо проводить пересчет скоростей деформации с использованием эмпирических коэффициентов.</p> <p>От известных методов нахождения σ_s выгодно отличается метод Н.Н. Довженко определения σ_{SH} во время прямого прессования без смазки заготовок различной длины. Во время прессования данных заготовок определяют максимальные усилия прессования, тогда сопротивление деформации будет равно:</p> $\sigma_s = \frac{P_{PP1} - P_{PP2}}{\pi \mu D_K \Delta L}, \quad (21)$ <p>где P_{PP1} и P_{PP2} – максимальные усилия прессования заготовок длиной L_1 и L_2 соответственно, причем $L_1 > L_2$; $\Delta L = L_1 - L_2$; D_K – диаметр контейнера; $\pi = 3,14$; μ – коэффициент трения прессуемого металла о стенки контейнера.</p> <p>Данный метод лишен тех недостатков, которые указаны выше для известных методов определения σ_s. Кроме того, возможно применение данного метода непосредственно в производственных условиях. Для этого в начале установившейся стадии необходимо найти изменение усилия прессования ΔP_{PP} в зависимости от перемещения прессштемпеля ΔL. Тогда текущее сопротивление деформации для прессуемого металла будет равно:</p> $\sigma_{SH} = \frac{\Delta P_{PP}}{\pi \mu D_K \Delta L}. \quad (22)$ <p>Данный метод позволяет оперативно находить σ_s во время прессования, корректировать процесс прессования для достижения оптимальных условий производства с использованием АСУП. В зависимости от температуры деформация бывает холодной и горячей. Во время деформации в деформируемом металле происходят два противоположных процесса: упрочнение и разупрочнение. От соотношения скоростей протекания данных процессов зависит характер деформации. При холодной деформации скорость упрочнения значительно больше скорости разупрочнения, а температура не превышает 0,3ТПЛ (ТПЛ – температура плавления в кельвинах, °К). С увеличением степени деформации растут показатели прочности, а пластичность снижается.</p>	Перс. примен.
						Спрое. №
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 28

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Служеб. №	Перв. примен.	<p>Совокупность данных явлений, связанных с изменением свойств металла в процессе холодной пластической деформации, называется наклепом (Рисунок 5)</p>  <p>Рисунок 5. Кривые наклепа металлов и сплавов</p> <p>При холодной деформации изменения структуры, механических свойств сильнее зависят от степени деформации ϵ и слабее от температуры и скорости деформации. Влияние степени деформации на изменение механических свойств при холодной деформации разных металлов наиболее полно представлено в работах А.В. Третьякова в виде следующих эмпирических формул: - для $\sigma_{0,2}$, σ_B и HV</p> $y = y_0 + ax^n, \quad (23)$ <p>- для δ</p> $\lg y = \lg y_0 - bx - cx^2, \quad (24)$ <p>Где:</p> <p>y – текущее значение механической характеристики; y_0 – постоянная величина, равная исходному значению данной механической характеристики при нулевой степени деформации; x – текущее значение величины степени деформации ϵ; a, b, c – постоянные коэффициенты.</p> <p>Применив уравнения (23), (24) к двум или трем каким-либо известным по механическим характеристикам и степени деформации экспериментальным точкам, можно определить постоянные коэффициенты и получить соответ-</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Служеб. №	Перв. примен.

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист
29

ствующую эмпирическую зависимость. В табл.4 приведены эмпирические формулы для определения значений временного сопротивления разрыву некоторых цветных металлов и сплавов.

Таблица 3 – Предел прочности цветных металлов и сплавов при холодной деформации

№ п/п	Цветной металл или сплав	Марка	Формула
1	Алюминиевый	АД1, Д1, АМг3, АМг5	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 1,6\varepsilon^{0,76}$
2	Титановый	BT1-1, BT1-2, BT4, BT6	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 2,4\varepsilon^{0,65}$
3	Медь	М1, М2	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 0,68\varepsilon^{0,77}$
4	Бронзы	БрАЖН10-4-4, БрАЖМц10-3-1,5	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 2,9\varepsilon^{0,70}$
5	Латуни	Л80, Л75, Л68, Л62, Л59, ЛС59-1	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 0,77\varepsilon^{0,91}$
6	Никелевые	МНМц3-12, НМц5, НМц2,5	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 1,3\varepsilon^{0,85}$
7	Никелевые	МН5, ТПМН0,6, МН19	$\sigma_B = \sigma_{B0} + 0,8\varepsilon^{0,72}$

При температурах выше 0,4ТПЛ на процессы упрочнения накладывается мощный раз упрочняющий процесс – рекристаллизация, которая характеризуется появлением новых зародышей и ростом новых разносных зерен за счет энергии старых деформированных зерен. Если скорость упрочнения меньше скорости разупрочнения, то данную деформацию считают горячей, и она происходит при температурах больше (0,7÷0,9)ТПЛ. Во время горячей деформации значительно снижается сопротивление деформации, повышается пластичность металла (Рисунок 6).

Целевой проект					
Справ. №					
Подпись и дата					
Име. № докл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Име. № подл.					

Рисунок 6 – Зависимость σ_S сплава АВ от параметров деформации, полученные методом кручения. На основе анализа многочисленных опытных данных экспериментального определения сопротивления деформации от основных параметров деформирования А.И. Целиковым была предложена следующая зависимость:

$$\sigma_S = K_T K_e K_v \sigma_{S0}, \quad (25)$$

где $K_A \exp(-\frac{1}{T})$, $T = T_0 - \frac{1}{k} \ln A \epsilon = \epsilon \ln K_v A_v = \epsilon \ln K_v A_v - \epsilon \ln A_v$ – термомеханические коэффициенты, зависящие от свойств деформируемого материала. На основе математической обработки экспериментальных данных исследования сопротивления деформации различными авторами были получены следующие формулы для расчета сопротивления деформации:

- М. Жидеком

$$\sigma_S = A + BT + (C + DT)K; \quad (26)$$

- В.Н. Выдриным, А.В. Третьяковым, В.И. Зюзипым:

$$\sigma_S = A \epsilon^B \dot{\epsilon}^C \exp(-DT); \quad (27)$$

- М. Хайдуком:

$$\sigma_S = \sigma_{S0} A \Lambda^m B \dot{\epsilon}^n \exp(-kT), \quad (28)$$

где A, B, C, D, K – реологические коэффициенты;
T – температура прессования;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 31
------	------	----------	---------	------	-----------------------------	---------

$L = \ln l$.

Анализ уравнений (25) – (28) показывает, что эта зависимость может быть описана: полиномом (26); степенной или экспоненциальной функцией (25, 27, 28) и не позволяет учитывать изменения значений σ_s в области фазовых превращений, при динамических процессах разупрочнения, при выделении избыточной фазы и являются правомерными лишь для однофазных областей. Поэтому при использовании формул (25) – (28) следует учитывать химический состав материала, степень деформации, скорость деформации и температуру. При отсутствии хотя бы одного из этих параметров область применения уравнения сразу ограничивается узким интервалом варьирования условий деформации. Для математического представления функциональной зависимости сопротивления деформации материала от условий деформации наиболее пригодными следует признать степенные и экспоненциальные функции (25, 27, 28), которые дают удовлетворительное приближение расчетных данных к экспериментальным значениям и являются достаточно простыми для практического применения. В табл. 5 представлены реологические коэффициенты для формулы (27).

Таблица 4 -- Сплавы алюминия

АМЦ	300-500	250	0,32	0,10	0,001
АМГ 61	300-450	410	0,35	0,15	0,0012
АМГ 6	300-450	440	0,35	0,11	0,0012
Д 16	300-450	370	0,32	0,11	0,0017
АМГ 58	300-450	350	0,35	0,13	0,0013

Следует отметить, что в формуле (27) разница в значениях реологических коэффициентах В, С и D для различных марок стали, цветных металлов и сплавов невелика, а значения коэффициента А изменяются в широких пределах: от 46 до 10000 МПа, т.е. в значительной степени точность расчетов будет зависеть от достоверности значений данного коэффициента. Несмотря на наличие теоретических формул по влиянию степени и скорости деформации на сопротивление деформации, практически значение сопротивления деформации находят на основе соответствующих экспериментов. В интервале степени деформации 10÷50 % при горячей деформации А.И. Целиков предлагает величину

Перв. примен.	ну σ_s определять методом термомеханических коэффициентов, применив уравнения (25) к двум известным по механическим характеристикам и параметрам деформации экспериментальным значениям σ_s :															
	$\sigma_s(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, T) = \sigma_s(\varepsilon, \dot{\varepsilon}_1, T_1) \exp\left(\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} * \ln \frac{\sigma_s(\varepsilon, \dot{\varepsilon}_2, T_2)}{\sigma_s(\varepsilon, \dot{\varepsilon}_1, T_1)}\right), \quad (29)$															
Справ. №	<p>где $\sigma_s(\varepsilon_1, \dot{\varepsilon}_1, T_1)$ и $\sigma_s(\varepsilon_1, \dot{\varepsilon}_2, T_2)$ – сопротивление деформации при постоянной деформации ε и различных скоростях $\dot{\varepsilon}_1$ и $\dot{\varepsilon}_2$ и температурах T_1 и T_2. В работе Я.М. Охрименко получены реологические уравнения σ_s для наиболее распространенных алюминиевых сплавов, используемых в прессовом производстве: - для АД31</p>															
	$\sigma_s = 713,6\varepsilon^{(0,1374-0,00047t)}\dot{\varepsilon}^{(0,0369+0,00017t)}\exp(-0,0076t); \quad (30)$															
	- для АК6															
	$\sigma_s = 512,8\varepsilon^{(0,1102-0,00049t)}\dot{\varepsilon}^{(0,0438+0,00013t)}\exp(-0,0054t); \quad (31)$															
	- для Д16															
	$\sigma_s = 779,9\varepsilon^{(0,0281+0,00022t)}\dot{\varepsilon}^{(0,0238+0,00012t)}\exp(-0,00522t); \quad (32)$															
	-для Амгб															
	$\sigma_s = 744,2\varepsilon^{(0,1113-0,00048t)}\dot{\varepsilon}^{(-0,0003+0,00027t)}\exp(-0,00513t); \quad (33)$															
Подпись и дата	где σ_s – МПа, t – ос. Использование данных формул в расчетах дает погрешность не более 5 %, что является вполне приемлемым для инженерных расчетов. Таким образом, существующие зависимости сопротивления деформации материала от условий деформирования позволяют найти σ_s в первом приближении, а для конкретного случая необходимо учитывать физико-															
Име. № подл.																
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ </div> <div> <table border="1"> <tr> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td>33</td> </tr> </table> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						Лист	33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата												
Лист																
33																

Перв. примен.	химические свойства материала непосредственно во время деформирования и проводить корректировку реологических коэффициентов.				
	<h2>2.2 Расчет усилия прессования</h2> <p>Наиболее важным для технолога, специалиста в области прессования металлов, является вопрос определения усилия и напряжения прессования. По усилию прессования производят выбор пресса, пригодного для производства данного вида изделия, а по напряжению прессования судят о возможности использования имеющегося в наличии прессового инструмента. Результаты многих экспериментальных исследований силовых условий различных разновидностей процесса прессования позволили установить ряд общих закономерностей, определяющих характер влияния перечисленных далее основных факторов и условий на давление прессования. В общем случае основными реактивными силами, которые уравниваются полным давлением прессования в течение рабочего процесса, являются: а) силы трения, возникающие на боковой поверхности контейнера и оправки, если она имеется (ТКР); б) силы трения, возникающие на боковой поверхности ОЧПЗ (ТМ); в) силы, возникающие от внутреннего трения, противодействующего осуществлению основной деформации, т. е. обжатия заготовки до заданных размеров в условиях прессования без контактного трения (RМ); г) силы трения, возникающие на боковой поверхности калибрующего пояска (или поясков) матрицы (ТП); д) сила, приложенная к пресс-изделию в направлении, нормальном к его поперечному сечению (противодавление или натяжение) ($\pm Q$); е) силы трения, возникающие на поверхности контакта между металлом и пресс-шайбой (ТШ). На этом основании максимальное полное давление на пресс-штемпель может быть представлено в виде суммы шести составляющих, идущих на преодоление перечисленных шести групп сил, т. е.</p> $P_{HP} = T_{KP} + T_M + R_M + T_{II} + T_{III} \pm Q. \quad (34)$				
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ
					Лист 34

Перв. примен.	<p>На давление прессования влияют следующие факторы: сопротивление деформации металла в состоянии прессования; степень деформации; продольный профиль каналов матрицы; форма поперечного сечения профиля; форма поперечного сечения заготовки; скорость истечения; динамичность приложения нагрузки; длина заготовки; условия контактного трения; величина подпора или натяжения профиля, способ прессования и др.:</p>				
	Справ. №	<p>1. С увеличением сопротивления деформации σ_s прессуемого металла давление возрастает прямо пропорционально. Однако в общем случае данные 20 параметры находятся в нелинейной зависимости, т. к. σ_s изменяется во время изменения температурных условий во время прессования.</p>			
		<p>2. Степень деформации ϵ непосредственно влияет на давление. Зависимость между усилием прессования и натуральным логарифмом вытяжки $\ln \lambda$ близка к линейной.</p>			
		<p>3. Увеличение длины заготовки приводит к росту требуемого усилия прессования, если оно осуществляется с прямым истечением. При обратном прессовании увеличение длины заготовки практически не влияет на усилие.</p>			
Подпись и дата		<p>4. Влияние условий контактного трения выражается в том, что введение смазки может существенно уменьшить составляющие ТКР, ТП в формуле (34) и тем самым понизить усилие прессования.</p>			
	Инв. № дубл.	<p>5. Способ прессования – прямой или обратный – также влияет на изменение составляющей ТКР усилия прессования. При обратном прессовании требуется давление на 30÷50 % меньшее, чем при прямом. Это дает возможность понизить начальную температуру заготовки для увеличения скоростей истечения при прессовании трудно деформируемых алюминиевых сплавов.</p>			
Взам. инв. №		<p>Если же скорость истечения не ограничивается температурными условиями, то можно значительно удлинить заготовку. При прессовании через матрицу с вмонтированной иглой усилие прессования возрастает за счет дополнительных деформаций рассечения заготовки рассекателем и увеличения контактных поверхностей, обусловленного конструктивными особенностями таких матриц.</p>			
	Подпись и дата				
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
					<p>Лист</p> <p>35</p>

Цент. прикл.		<p>6. Форма поперечного сечения пресс-изделия может оказывать влияние на усилие прессования, если она достаточно сложна. В работе Ю.Н. Глебова установлено, что влияние формы поперечного сечения пресс-изделия (профиля) на давления прессования характеризуется произведением коэффициентов K_1 и K_2, определяемым отношениями:</p> $K_1 = P_{PP} / P_{PKP}, \quad (35)$ $K_2 = F_{OKP} / F_{PP}, \quad (36)$				
Справ. №		<p>где P_{PP}, P_{PKP} – периметры поперечного сечения профиля и равновеликого круга соответственно; F_{OKP} и F_{PP} – площади круга, в который вписывается профиль и поперечного сечения профиля соответственно. Экспериментально установлено, что если $60, 12 K * K$ то давления прессования профиля больше давления равновеликого круга на 15 % и более, а при $20 K * K$ эти давления практически одинаковы.</p>				
Подпись и дата		<p>7. Продольный профиль канала матрицы заметно влияет на требуемое усилие прессования. Это влияние выражается в монотонной зависимости усилия прессования РПР от угла наклона образующей канала матрицы α (рис. 21) результатом которого является образование таких углов в заходной части матрицы, при которых давление на пресс-шайбе становится минимальным. Минимуму давления соответствует угол $\alpha = 45 \div 60$ град. Монотонность зависимости объясняется тем, что, с одной стороны, с уменьшением угла α снижаются затраты энергии на изменение направления линий тока, а с другой стороны – увеличивается поверхность трения в зоне матрицы. На практике эту зависимость принимают во внимание при выборе формы матрицы: конические матрицы требуют пониженных давлений по сравнению с плоскими, однако последние тем не менее применяют чаще, так как они обеспечивают более высокое качество поверхности пресс-изделий.</p>				
Инв. № докум.		<p>8. Форма калибрующего пояска мат-</p>				
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.		<div> <div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div> <div> <div>Лист</div> <div>36</div> </div> </div>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Церв. примен.						<p>рицы и его протяженность, которые являются характеристиками продольной формы канала матрицы в его выходной части, также могут изменять величину требуемого давления. Аналитически усилия можно определить с помощью большого числа формул, приведенных в специальной литературе. Все эти формулы делятся на несколько групп в соответствии с основными гипотезами или упрощениями, которые принимают при выводе формул. Например, формулы С.И. Губкина и Е.П. Унксова основываются на решении дифференциальных уравнений равновесия в главных нормальных напряжениях, которые осредняются по плоским поперечным сечениям пластической зоны. Формулы В.В. Соколовского, А.Д. Томленова, Л.А. Шофмана и других отечественных и зарубежных ученых выведены на основе решений общих уравнений равновесия с привлечением метода характеристик. В ряде формул силовые зависимости установлены путем вариационного исчисления. К более поздним работам по определению силовых условий прессования относятся работы, выполненные под руководством Г.Я. Гуна, Ю.Ф. Шевакина, а за рубежом – Э. Томсена, В. Джонсона и Х. Кудо и Б. Авицура. В инженерной практике достаточно широко применяют формулы И.Л. Перлина, которые выведены путем совместного решения приближенных дифференциальных уравнений равновесия и условий пластичности – при расчете напряжений, затрачиваемых на осуществление основной деформации; решения уравнения мощности – при расчете напряжений, затрачиваемых на преодоление трения. В Таблица 5 приведены формулы И.Л. Перлина для определения усилия прямого прессования для различных видов изделий и формы инструмента.</p> <p>Таблица 5. Формулы для нахождения составляющих полного усилия прессования</p>													
							Справа. №												
Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td rowspan="2">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>37</td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист													
						37													

Формулы для нахождения составляющих полного усилия прессования

Составляющая	Виды изделия и форма инструмента			
	Круглый пруток через один канал	Пруток в несколько каналов или сложный профиль	Круглая труба, полученная с помощью иглы на пресс-штемпеле	Круглая труба, полученная через язычковую матрицу
Rm	$\frac{0,8\varepsilon}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \sigma_s D_k^2$	$\frac{0,9(\varepsilon + \varepsilon_0)}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \sigma_s D_k^2$	$0,9\varepsilon \left(\frac{D_k^2}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} - \frac{d^2}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \right) \sigma_s$	$1,75\varepsilon D_k^2 \sigma_s$
Tm	$\frac{0,8\varepsilon}{\sin \alpha} D_k^2 f_M \sigma_s$	$\frac{0,8\varepsilon}{\sin \alpha} D_k^2 f_M \sigma_s$	$\frac{1,6}{\sin \alpha} (D_k^2 - d^2) \ln \frac{D_k - d}{D_{из} - d} f_M \sigma_s$	$1,6 D_k^2 \ln \frac{D_k - d}{D_{из} - d} f_M \sigma_s$
Tкр	$\pi D_k (L - h_{уз}) f_K \sigma_s$	$\pi D_k l f_K \sigma_s$	$\pi (D_k + d) l f_K \sigma_s$	$\pi (D_k + d) l f_K \sigma_s$
Тп	$\lambda \pi D_{из} \ln f_{II} \sigma_s$	$\lambda S m l_{II} f_{II} \sigma_s$	$\lambda \pi (D_{из} + d) l_{II} f_{II} \sigma_s$	$\lambda \pi (D_{из} + d) l_{II} f_{II} \sigma_s$

При этом использованы следующие обозначения:

ε – натуральный логарифм коэффициента вытяжки 1;

α – угол наклона образующей матрицы к оси прессования, при использовании плоской матрицы – это угол наклона образующей упругой зоны, $\alpha = 60^\circ$, если $\alpha \geq 60^\circ$, $\alpha = \alpha_m$, если $\alpha < 60^\circ$;

DK – диаметр контейнера;

ДИЗ – диаметр изделия;

d – внутренний диаметр трубы;

δ_s – среднее по очагу деформации сопротивление деформации; lП – длина калибрующего пояса матрицы;

$\varepsilon_o = \ln \sqrt{\frac{F_K}{a_{cp}^2}}$ – дополнительная деформация при прессовании сложных профилей

Fк – площадь поперечного сечения прессизделия;

$a_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$ – средняя ширина профиля, определяемая после разбивки по-

перечного сечения профиля на n приблизительно прямоугольных участков равной ширины;

– при прессовании m круг- $\varepsilon_o = \frac{1}{4} \ln m$ лых прутков.

fM, fK, fП – коэффициент трения, соответственно, на боковой по-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Перв. примен.	<p>верхности матрицы, поверхности контейнера и калибрующего пояса матрицы; L – длина распрессованного слитка; $h_{уз}$ – высота упругой зоны</p> $h_{уз} = \frac{D_K - D_{ИЗ}}{2} (\operatorname{ctg} 60^\circ - \operatorname{ctg} \alpha); \quad (37)$ <p>S – периметр сложного профиля; m – количество одновременно получаемых изделий. Напряжение прессования $\sigma_{пр}$ подсчитывается как отношение усилия прессования P к площади контакта пресс-штемпеля и остатка:</p> $\sigma_{пр} = \frac{4P}{\pi D_K^2}; \quad (38)$					
	Справ. №					
<h3>2.3 Расчет температурных условий процесса прессования</h3> <p>Температурные режимы прессования металлов и сплавов являются одним из основных параметров рациональной технологии ведения процесса прессования. Температура нагрева прессового инструмента, заготовки для прессования, изменение температуры прессуемого металла в процессе выдавливания определяют энергосиловые параметры процесса, характер течения металла в контейнере, оказывают решающее влияние на стабильность свойств и структуры по длине и сечению пресс-изделия, стойкость прессового инструмента и в совокупности оказывают важное влияние на технико-экономические показатели процесса. Определение температурных полей при прессовании связано с решением сопряженной, связанной краевой задачи нестационарной теплопроводности. Поэтому при решении данной задачи возникают значительные трудности, что обусловило привлечение различных методов при проведении исследований и осуществлении расчетов. Расчет температурных условий процесса прессования можно решить численными методами, так как</p>						
Подпись и дата	Име. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.		
					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					Лист 39	

Целе. примен.	увеличение мерности, факторности задачи приводят лишь к увеличению объема вычислений и необходимости применения ЭВМ с соответствующим объемом памяти и быстродействием. В то же время по-прежнему актуально применение инженерных методов расчета, особенно тогда, когда решение задачи получено в виде формулы и с достаточной степенью точности. В этом случае решение получается быстрее, возможно провести анализ влияния основных параметров процесса на изменение температурных условий при прессовании.				
	Справ. №	27 Инженерные методы расчета температурных условий основаны на уравнении теплового баланса. Весь объем заготовки делится на элементарные цилиндрические блоки, которые во время прессования проходят две характерные зоны по интенсивности и расположению источников тепла: зона подхода металла к очагу деформации и очаг деформации. Тогда выходную температуру прессизделия можно определить как:			
$t_{np}(\tau) = t_{10} + \Delta t_{1\tau}(\tau_1) + \Delta t_{\partial}(\tau_{\partial}), \quad (40)$					
Подпись и дата	где $\tau = \tau_1 + \tau_{\partial}$ – время прессования блока; $\Delta t_{1\tau}(\tau_1)$, $\Delta t_{\partial}(\tau_{\partial})$ – изменение температуры блока за время пребывания в контейнере t_1 перед очагом деформации и время t_{∂} пребывания в очаге деформации. Для прутков и сплошных профилей:				
	Инв. № дубл.	$t_{1\tau}(\tau_1) = \frac{4\tau_1}{c_1 \gamma_1 (k_1 + 1) D_k} \left(q_{\tau} k_1 - \frac{2\Delta T b_1}{\sqrt{\pi \tau_1}} \right) + t_{10}, \quad (41)$			
Взам. инв. №		-для труб:			
	Подпись и дата	$t_{1\tau}(\tau_1) = \frac{4\tau_1}{c_1 \gamma_1 D_k (1 - d^2)} * \left[\frac{q_{\tau} k_1}{k_1 + 1} + \frac{q_{\tau}^n d}{k_3 + 1} - \frac{2}{(k_1 + 1) \sqrt{\pi \tau_1}} (\Delta t b_1 + \Delta t_{II} b_3 d \frac{k_1 + 1}{k_3 + 1}) \right] + t_{10}, \quad (42)$			
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

-для прутков и сплошных профилей:

$$\Delta t_{\partial}(\tau_{\partial}) = \frac{q_v \tau_{\partial}}{c_1 \gamma_1} \left(1 - \frac{16}{3D(k_1 + 1)} \sqrt{\frac{a_1 \tau_{\partial}}{\pi}} \right) + \frac{4\tau_{\partial}}{c_1 \gamma_1 (k_1 + 1) D} \left(q \tau k_1 - \frac{2\Delta t b_1}{\sqrt{\pi \tau_{\partial}}} \right), \quad (43)$$

$$\Delta t_{\partial}(\tau_{\partial}) = \frac{4\tau_{\partial}}{c_1 \gamma_1 D(1-d^2)(k_1 + 1)} \times \left[q_{\tau} k_1 + q_{\tau}'' d \frac{k_1 + 1}{k_3 + 1} - \frac{4}{3} q_v \sqrt{\frac{\tau_{\partial}}{\pi}} \left(\sqrt{a_1} + \frac{d b_3 (k_1 + 1)}{c_1 \gamma_1 (k_3 + 1)} \right) - \frac{2}{\sqrt{\pi \tau_{\partial}}} \times \left(\Delta t_1 b_1 + \Delta t_n b_3 d \frac{k_1 + 1}{k_3 + 1} \right) \right] + \frac{q_v \tau_q}{c_1 \gamma_1}, \quad (44)$$

-для труб:

D_k, d_i – диаметры контейнера и иглы;

$$d = d_n / D_k; k_1 = b_1 / b_2; k_2 = b_2 / b_1; k_3 = b_3 / b_1;$$

$\Delta t = t_{10} - t_{20}; \Delta t_n = t_{10} - t_{30}; t_{10}; t_{20}; t_{30}$ – Начальные температуры нагрева заготовок и иглы

$$P = \beta \sigma_s \ln \lambda / \cos^2(\alpha / 2), \quad (45)$$

- для трубы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист

41

Перв. примен.	$P = \frac{2\beta\sigma_s \ln \lambda}{\sqrt{3}(D_k^2 - d_u^2)} \left(\frac{D_k^2}{\cos^2(\alpha/2)} - \frac{d_u}{\cos^2(\varphi/2)} \right), \quad (46)$																		
Справ. №	<p>где $\beta = 1,1$; $\varphi = \arcsin[(d_u / D_k) \sin \alpha]$; $\alpha \approx 60^\circ$.</p> <p>$q_\tau = \sigma_s V / \sqrt{3}$; $q'_\tau = \sigma_s V_{cp} / \sqrt{3}$; $q_{\mu} = \mu_{mp} \sigma_s V_{cp}''$;</p> <p><i>jimp</i> - коэффициент трения на игле; <i>Vcp</i> - среднее значение скорости движения прессуемого металла на поверхности очага деформации:</p> <p>- для прутка</p> $V_{cp} = 2,3\lambda v / (\lambda + \sqrt{\lambda} + 1), \quad (47)$ $V_{cp} = (D_k - d_{mp}) / \sqrt{3}\tau_\partial, \quad V_{cp}'' = (D_k - d_u) / \sqrt{3}\tau_\partial, \quad (48)$ <p>- для трубы</p> <p>где <i>V</i> – скорость движения прессующей траверсы; <i>dтр</i> – наружный диаметр трубы. Время деформации будет равно: - для прутка:</p>																		
Подпись и дата	$\tau_\partial \approx 0,256(D_k - d_{np} / \lambda) / v, \quad (50)$																		
Име. № докл.	<p>-для трубы:</p> $\tau_\partial = \frac{V_\partial}{(F_k - F_n)v}, \quad F_k - F_n = \frac{\pi}{4}(D_k^2 - d_u^2) \quad (51)$																		
Взам. име. №	$V_\partial = 0,4 \left[(D_k^2 - 0,75d_u^2)^{3/2} - (d_{mp} - 0,75d_u^2)^{3/2} - 0,5(D_k^3 - d_{mp}^3) \right], \quad (52)$																		
Подпись и дата	<p>Необходимо отметить, что при расчете изменения температуры в очаге деформации необходимо использовать среднее геометрическое значение:</p>																		
Име. № подл.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; height: 20px;">Изм.</td> <td style="width: 10%; height: 20px;">Лист</td> <td style="width: 10%; height: 20px;">№ докум.</td> <td style="width: 10%; height: 20px;">Подпись</td> <td style="width: 10%; height: 20px;">Дата</td> </tr> </table> </div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> <p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div> <div style="width: 10%;"> <p>Лист</p> <p>42</p> </div> </div>														Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата															

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_s^n \cdot \sigma_s^k}, \quad (53)$$

где $\sigma_s^H(t_1)$; $\sigma_s^k(t_{пр})$.

Теплофизические константы прессуемых металлов и прессового инструмента для температурного интервала прессования представлены в табл:

№ п/ п	Материал	Параметры			
		Плотность γ , 10 ³ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м·°С)	Теплоемкость C , Дж/(кг·°С)	Температуропроводность a , 10 ⁻⁶ м ² /с
Алюминиевые сплавы		2.7	225	900	92.5

2.4 Оптимизация температурно-скоростных параметров процесса прессования для достижения максимальной производительности и требуемого уровня качества пресс-изделий.

Процесс прессования является оптимальным, если получаемые пресс изделия отвечают предъявляемым к ним требованиям по критериям качества, а используемые прессы полностью загружены по усилию и производительности. Температурный режим прессования имеет решающее значение для создания оптимальных условий процесса прессования: достижения максимально возможной скорости прессования (МВСП) и требуемого качества пресс изделий. С одной стороны, высокая температура прессования может привести к снижению качества пресс-изделий вплоть до появления брака, а с другой, слишком низкая температура ведет к повышению сопротивления деформации так, что прессование становится невозможным из-за превышения усилия прессования над усилием используемого прессы. Поэтому при выборе 33 температурного режима необходимо избежать обоих указанных граничных случаев. Оптимальные температурно-скоростные режимы определяются в основном опытным путем. В табл. 1 приведены наиболее часто используемые в прессовом

производстве цветных металлов температурно-скоростные режимы. Для количественного решения данной задачи необходимо представить изменения МВСП в виде графической зависимости от температуры нагрева заготовки (Рисунок 7). Тогда на данной диаграмме будет два семейства граничных кривых: левое – предел по усилию пресса, а правое – предел существования прессуемого металла, выше которого происходит разрушение пресс изделия (гипотеза «предельной» температуры). Очевидно, что оптимальная температура нагрева заготовки, обеспечивающая МВСП будет находиться на пересечении данных кривых. Необходимо отметить, что рабочий диапазон расширяется с увеличением усилия используемого пресса и отводом избыточного деформационного тепла во время прессования.

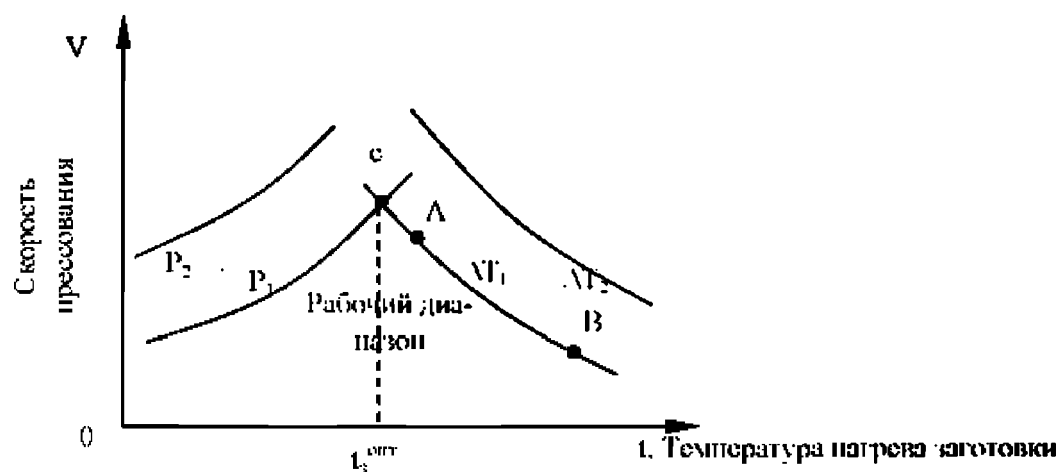


Рисунок 7. Температурно-скоростные области прессования

Для построения предельной диаграммы в случае прессования конкретного пресс изделия необходимы следующие математические зависимости:

1. сопротивления деформации прессуемого металла с учетом конкретного химического состава металла (уравнение реологии) $\sigma_S = \sigma(\epsilon, \dot{\epsilon}, T_{HP}, XC)$;
2. усилия прессования;
3. выходной температуры пресс изделия;
4. значения «критической» температуры разрушения данного пресс изделия на выходе из канала матрицы. Предельная кривая по усилию прессования может быть построена, если заданы усилие пресса P_0 , технологические параметры процесса прессования и известна зависимость σ_S от скорости пресс-

Исрв. примен.

Справ. №

$$\dot{\epsilon}_{CPTP} = \frac{2v_{HP} \tan \alpha_M}{D_{TP} - d_H}, \quad (61)$$

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

Иер. примен.	<p>где K_0 – коэффициент запаса усилия прессы, равный 1,1÷1,2. Для определения усилия прессования РПР воспользуемся формулой И.Л. Перлина, которую можно представить в следующем виде:</p> $P_{ПР} = K_{УПР} \sigma_S, \quad (65)$ <p>где КУПР – коэффициент усилия прессования, учитывающий влияние техно- логических параметров на усилие прессование. Тогда с учетом выше приведенных выражений получим аналитическую зависимость для кривой, обусловленной усилием прессования:</p> $v_{ПР} = \left[\frac{P_0}{K_0 K_{УПР} K_{\sigma} \exp(-DT)} \right]^{1/K}. \quad (66)$ <p>Для нахождения данной зависимости (66) в работах В.Н. Выдрина, И.Л. Перлина или других ученых можно найти необходимые справочные данные. В работе С.В. Беляева, показано, что предельная кривая, обусловленная разрушением пресс-изделия, с достаточной степенью точности для инженерных расчетов линейно зависит от температуры заготовки. Для ее нахождения достаточно знать две точки, которые находятся из уравнения выходной температуры пресс-изделия. Предельную скорость прессования определяют методом постепенных приближений для конкретных температур нагрева заготовки, приравнивая выходную температуру равной «критической». Значения «критических» температур для каждого сплава имеют вполне конкретное значение (рис. 4) или задаются технологическим регламентом для получения пресс-изделий с заданным качеством. Если отсутствуют справочные данные, то «критическую температуру можно принять равной (0,85÷0,95) от температуры плавления прессуемого металла ТПЛ. При построении «предельной» кривой по температуре используют уравнение прямой, проходящей через две точки (А (Т31, v1), В(Т32, v2), рис. 4):</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Име. № дубл.	Взам. име. №	Подпись и дата	Име. № подл.
	<div>Изм. Лист № докум. Подпись Дата</div>				

$$\frac{V_{\text{нр}} - V_1}{V_2 - V_1} = \frac{T - T_{31}}{T_{32} - T_{31}}. \quad (67)$$

Точка пересечения С данных предельных кривых имеет координаты МВСП и оптимальной для этого температуры нагрева заготовки. Необходимо отметить, что оптимальный режим для достижения МВСП еще не гарантирует получения регламентируемого уровня качества пресс-изделий. Поэтому на практике иногда приходится жертвовать производительностью для достижения требуемого качества.

2.5 Влияние параметров прессования на выход годного и качество профилей.

Исходя из условия постоянства объема, длина выходящего из пресса профиля $L_{\text{пр}}$ легко может быть рассчитана как:

$$L_{\text{пр}} = (L_3 - \text{нп.о.}) F_3 / (n F_{\text{пр}}),$$

где L_3 – длина заготовки; нп.о. – толщина пресс-остатка; F_3 и $F_{\text{пр}}$ – площади поперечного сечения заготовки и профиля соответственно, n – число каналов матрицы.

Однако, действительная площадь сечения профиля перед правкой растяжением может изменяться в зависимости от следующих факторов:

- утяжки элементов профиля в зависимости от формы сечения профиля и температуры по элементам;
- упругой деформации матричного комплекта, зависящей от конструкции и материала его деталей;
- физико-химических свойств материала профиля.
- усилия прессования;
- износа рабочего пояса матрицы;
- натяжения пуллера.

Первые три фактора должны быть учтены еще на этапе проектирования прессового инструмента. Усилие прессования является функцией температуры и скорости прессования. Таким образом, снижая скорость либо повышая тем-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист
47

Справка. №

Подпись и дата

- Инв. № дубл.**

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Испр. примен.	<p>кальному увеличению напряжения текучести и повышению усилия прессования. Кроме того, изменение характера течения металла приводит к изменению величины зерна. Для того, чтобы уменьшить вероятность отклонения температуры заготовки и контейнера от оптимальной с точки зрения качества прессуемого профиля, рекомендуется применять градиентный нагрев (охлаждение) заготовки (раздел 4.13).</p>				
	Справ. №	<p>Повышение скорости прессования приводит к увеличению напряжения текучести и, в результате тепловыделения, температуры. Это, в свою очередь, приводит к увеличению размера зерна – на поверхности может возникнуть дефект "апельсиновая корка". Кроме того, повышение температуры приводит к неравному выпадению интерметаллидов (Mg_2Si и др.) и, соответственно, к различному протравливанию поверхности.</p> <p>Характер течения металла при прессовании в основном определяется формой матрицы. Локальное повышение температуры металла и градиент скоростей деформации (обусловленные неправильной формой) могут привести к существенным различиям в величине зерна и появлению рисок. Дефекты, обусловленные неправильной формой матрицы, появляются, как правило, в области сварного шва на полых профилях.</p> <p>Для того, чтобы получить хорошее качество поверхности после анодирования, необходимо иметь как можно более равномерное охлаждение профиля по длине.</p> <p>Кроме того, в результате контакта с графитовыми роликами или брусками на выходе из пресса на поверхности профиля могут возникнуть так называемые "горячие ията". Их наличие объясняется ускоренным охлаждением в области контакта во время загрузки в контейнер следующей заготовки.</p>			
Подпись и дата		Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.
	<p>Изм. Лист № докум. Подпись Дата</p>				
<p>Лист 49</p>					

2.6 Оборудование и технологический процесс.



Рисунок 8. Технологическая логистика

“Печь нагрева”:

$t_{\text{нагрева}} - 500^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{нагрева}} - 20-25\text{мин}$



Рисунок 9. Печь нагрева.

Инв. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подпись и дата				Справ. №		Перв. примен.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ											
					Лист	51										

“Столборез” :

L_{заготовки} – 600мм-1000мм

$$T_{\text{H.p.}} - 430 - 450^{\circ}\text{C}$$


Рисунок 10. Столборез.

Ванна закаливания

$T_{\text{закалки}} = 430-450^{\circ}\text{C}$



Рисунок 11. Ванна закаливания

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Име. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ


Лист

53

$$L_{\text{прав.}} = 5 \text{ мм}$$


Рисунок 12. Правильно растяжная машина

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справ. №	<p>Дисковая пила</p> <p>$L_{б.н.} - 400-500\text{мм}$</p> <p>$L_{проф} = 6000\text{мм}$</p>	
					<p>Рисунок 13. Дисковая пила</p>							
					<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>							
					<p>55</p>							

Печь старение	Время в печи : 6 часов.	Температура в печи 250C°		Рисунок 14. Печь старение
Печь старение	Время в печи : 6 часов.	Температура в печи 250C°		
Справ. №				
Подпись и дата				
Инв. № обл.				
Взам. инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист

56

2.7 Сортамент и характеристика выпускаемой продукции.

ООО "ЛПЗ "Сегал"

Профили систем СИАП

Введение

Каталог содержит информацию о профилях, выпускаемых литейно-прессовым заводом "СЕГАЛ" из алюминиевого сплава АД31 и других, с техническими требованиями по ГОСТ 22233-2001.

Развитие систем и создание новых профилей предполагает внесение в каталог изменений и дополнений.









Химический состав сплава:

Обозначение системы и марки сплава	Массовая доля элементов										
	Кремний	Железо	Медь	Мар- ганец	Магний	Хром	Цинк	Титан	Алюминий	Прочие	
										каждый	сум- марно
АД31	0.2-0.6	0.35	0.10	0.10	0.45-0.9	0.10	0.10	0.10	Остальное	0.05	0.15

Механические свойства профилей:

Обозначение системы и марки сплава	Значение показателей, не менее					
	Состояние материала	Обозначение состояния материала	Толщина стенки, мм	Временное сопротивление при растяжении δ_0 , МПа	Предел текучести при растяжении, МПа	Относительное удлинение при растяжении, %
АД31 1310	Закаленное и естественно состаренное	T	Все размеры	127.0	69.0	13.0
	Неполностью закаленное и искусственно состаренное	T5	До 3 включ. Св. 3 до 10 включ.	175.0 157.0	130.0 118.0	8.0
	Закаленное и искусственно состаренное	T1	Все размеры	196.0	147.0	8.0
	Закаленное и искусственно состаренное повышенной прочности	T1 (22)	До 10 включ.	215.0	160.0	8.0
	то же	T1 (25)	то же	245.0	195.0	8.0

Пере. примен.		1 11				
		Профили сплошные прямоугольного сечения (шины, прудки)				
Справ. №		1	2	3	4	5
		№	Шифр профиля	Сечение и основные размеры в мм.	Масса кг/м.п	Периметр внешний, мм
<div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № докл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № подл.</div> </div>		1	ПК 801-144		0,162	45,1
		2	Шина 3x25		0,203	55,14
		3	ПК 801-2		0,241	64,3
		4	ПК 801-3 (400224)		0,322	85,1
		5	Шина 3x100		0,812	205,1
		6	Шина 4x20		0,217	47,1
		7	Шина 4x30		0,322	66,3
		8	Шина 4x40		0,431	86,3
<div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Подпись</div> <div>Дата</div> </div>		БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ				
						Лист
						58

Перв. примен.	1.51				
	Трубы				
Справ. №	1	2	3	4	5
	№	Шифр профиля	Сечение и основные размеры в мм.	Масса кг/м.п	Периметр внешний, мм
	1	Труба Ø 8 x 1,5		0,084	25,1
	2	Труба Ø 10 x 1,5		0,109	32
	3	Труба Ø 10 x 2,3		0,151	31,4
	4	Труба Ø 11,65 x 1,5		0,13	36,6
	5	Труба Ø 12 x 2,5		0,202	37,7
	6	Труба Ø 14 x 1		0,11	44
	7	Труба Ø 14 x 2		0,204	44
	8	Труба Ø 14 x 2,5		0,244	44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ					59

Перв. примен.	<h2>2.8 Организация контроля качества продукции.</h2> <p>Процесс контроля, в общем случае, состоит в следующих этапах:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ø установление стандартов Ø измерение фактических результатов Ø проведение корректировок в том случае, если достигнутые результаты существенно отличаются от установленных стандартов. <p>Необходимость контроля объясняется неопределенностью в поведении внутренней и внешней среды организации и, как следствие, возможность отклонений фактического хода планируемых процессов от желаемых (запланированных). Поэтому, в случае, если фактические результаты существенно отличаются от показателей, установленных планом, необходимо вмешательство в ход управляемого процесса. Это, с одной стороны, дает возможность своевременного предупреждения возникновения кризисных ситуаций. С другой, позволяет поддерживать успех, если ситуация развивается в благоприятном для организации направлении.</p> <p>Следовательно, для организации эффективного контроля необходимо:</p> <p>а). Установление стандартов, т.е. конкретных целей, которые необходимо достичь в определенное время. Показатели устанавливаются в процессе планирования.</p> <p>Классификация:</p> <ul style="list-style-type: none"> - по степени их важности в достижении целей организации - по степени их влияния на жизнедеятельность организации (несоблюдение условий кредитного договора может привести к банкротству предприятия) <p>Требования к стандартам:</p> <ul style="list-style-type: none"> – реалистичность. Стандарты должны быть жесткими, но достижимыми – измеримость и привязка к определенному времени 																
	Справ. №																
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.												
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td rowspan="2">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</td> <td rowspan="2">Лист 61</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 61					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 61											

Цели, задачи	<p>– соответствие показателям результативности. Показатели результативности устанавливают то, что должно быть получено для достижения поставленных организацией целей</p> <p>– воспринимаемость сотрудниками</p> <p>б). Получение информации о ходе реализации подконтрольного процесса. Требование к информации:</p> <p>й сопоставимость с установленными стандартами и показателями результативности</p> <p>й своевременность получения информации</p> <p>й достоверность информации</p> <p>в). Сопоставление достигнутых результатов с установленными стандартами. Очевидно, что для каждого стандарта необходимо установить масштаб (предел) допустимых отклонений. При нахождении значений показателей процесса в установленных пределах, процесс можно считать нормальным.</p> <p>Метод управления по принципу исключения – система контроля должна срабатывать лишь в том случае, если имеются значительные отклонения от стандартов.</p> <p>г). Принятие решений. В результате сопоставления менеджер может принять одну из альтернатив:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Ничего не делать (The Do Nothing alternative) означает, что процесс протекает в рамках установленных планом пределов и не требуется оперативного вмешательства в ход его реализации. Это, однако, не исключает необходимости продолжения контроля. · Устранить отклонения от хода реализации процесса. Для этого менеджер устанавливает причину негативных отклонений от стандартов и принимает необходимые, оперативные меры, направленные на устранение этих расхождений. 																	
	Сроки, №																	
Подпись и дата		Имя, № докум.	Вид, дата, №	Подпись и дата	Имя, № подл.	<div data-bbox="373 1641 1318 1919" data-label="Diagram"> <pre> graph LR I[ИСПОЛНИТЕЛЬ] -- "Квалификация, Внимание, Здоровье, Марка, Размеры, Поставщик" --> C[Контроль, Наладка] O[ОБОРУДОВАНИЕ] -- "Срок службы, Режим работы" --> C M[МАТЕРИАЛЫ] --> C T[ТЕХНОЛОГИЯ] --> C C --> OT[ОТКЛОНЕНИЯ] </pre> </div>												
	<p>Рисунок 15.</p>																	
<div data-bbox="204 2072 715 2188" data-label="Page-Footer"> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						<div data-bbox="829 2110 1334 2152" data-label="Page-Footer"> <p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div>	<div data-bbox="1453 2072 1525 2188" data-label="Page-Footer"> <table border="1"> <tr> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td>62</td> </tr> </table> </div>	Лист	62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата														
Лист																		
62																		

· **Нересмотреть стандарты.** Необходимость пересмотра может быть связана с существенными изменениями во внутренней и внешней среде организации, которые не были учтены в планировании процесса. В этом случае необходимо внести изменения в планы организации, может быть и существенные, скорректировать ее цели, и пересмотреть действующие стандарты.



Виды контроля по времени их проведения:

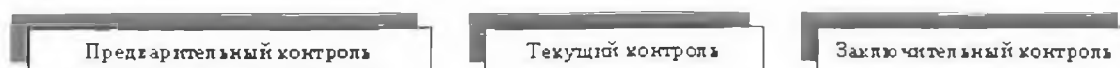


Рисунок 16. Виды контроля

Предварительный контроль осуществляется до фактического начала контролируемых процессов. В организациях ведется в трех ключевых областях:

- человеческие ресурсы
- материальные ресурсы
- финансовые ресурсы

Предварительный контроль персонала – анализ деловых и профессиональных знаний и навыков, которые необходимы для выполнения установленных должностных обязанностей и отбора наиболее подготовленных и квалифицированных работников. Включает процедуры:

О установление должностных инструкций (образование, стаж работы, рекомендации)

Целевые критерии	<p>Ø материальное стимулирование (выплаты и компенсации), тестирование, собеседование</p> <p>Ø обучение</p> <p>Предварительный контроль поступающих материальных ресурсов (входной контроль). Производится на основе установленных стандартов минимально допустимых уровней качества и проверки соответствия поступающих материалов этим требованиям.</p>				
	Справ. №	<p>Предварительный контроль финансовых ресурсов – бюджетирование как метод установления предельных затрат по каждому подразделению организации.</p> <p>Текущий, оперативный контроль производится в ходе реализации процесса (выполнения работ). Обратная связь как способ осуществления текущего контроля в биологических и организационных (социальных) системах. Все системы с обратной связью:</p> <p>Ø имеют цели</p> <p>Ø используют внешние ресурсы</p> <p>Ø преобразуют внешние ресурсы для внутреннего использования</p> <p>Ø следят за значительными отклонениями от намеченных целей</p> <p>Ø корректируют эти отклонения для того, чтобы обеспечить достижение целей</p> <p>В отличие от автоматических систем управления, организационные системы способны кардинально менять программу действий при существенных отклонениях при изменении внутренних и внешних факторов.</p> <p>Заключительный контроль производится после выполнения работы.</p> <p>Задачи контроля:</p> <p>Ø получение исходной информации для планирования аналогичных работ в будущем</p> <p>Ø измерение результативности и принятие мотивирующих воздействий</p> <p>Процесс контроля, в общем случае, состоит в установлении стандартов, измерении фактических результатов и проведении корректировок в том случае, если достигнутые результаты существенно отличаются от установленных стандартов.</p> <p>Необходимость контроля объясняется неопределенностью в поведении внутренних и внешней среды организации и, как следствие, возможность отклонений фактического хода планируемых процессов от желаемых (запланированных)</p>			
Подпись и дата		Име. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.
<div> <div>Лист</div> <div>64</div> </div>					

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справа. №	Перв. примен.	<p>ных). Поэтому, в случае, если фактические результаты существенно отличаются от показателей, установленных планом, необходимо вмешательство в ход управляемого процесса. Это, с одной стороны, дает возможность своевременного предупреждения возникновения кризисных ситуаций. С другой, поддерживать успех, если ситуация развивается в благоприятном для организации направлении.</p> <p>2.9 Основные виды дефектов прессования.</p> <p><u>Металлургические дефекты прессового происхождения</u></p> <p>Все металлургические дефекты прессового происхождения, можно разделить на две группы.</p> <p>К первой группе относятся дефекты, образующиеся при деформации слитка в контейнере:</p> <ul style="list-style-type: none"> • дефекты, возникающие вследствие неравномерного характера течения металла (формирование потенциального объема крупнокристаллического ободка; образование утяжин, наслоений, запрессовок); • дефекты, возникающие в результате попадания в полость контейнера воздуха, технологической смазки либо других загрязнений, приводящих к появлению пузырей и отслоений. <p>Ко второй группе относятся дефекты, образующиеся непосредственно в канале матрицы и при выходе из нее. Такими дефектами являются трещины типа "ерш", подкорковые елочные и локальные в зоне затрудненной деформации.</p> <p><u>Крупнокристаллический ободок (ККО).</u></p> <p>ККО может образовываться в периферийной зоне пресс-изделий (рис. 24) [6]. В большинстве случаев крупнокристаллический ободок проявляется после нагрева под закалку. Однако он может обнаруживаться и на термически необработанных полуфабрикатах под действием повышенной температуры при истечении через канал матрицы и последующем медленном охлаждении.</p>

ждении на воздухе. Наиболее подвержены такому дефекту сплавы АК4, АК4-1, В93 и иногда АМг2, АМг3.

Таблица 6. Виды обработки термически упрочняемых сплавов

Обозначения по			Термообработка и особенности
ГОСТ 8617-81	ДСТУ Б В.2.6-3-95	АА	
без доп. знаков	без доп. знаков	F	Без дополнительной обработки. Степень нагартовки, качество термообработки и механические свойства не контролируются. Отливки в литом состоянии.
М	-	O	Отжиг (исключительно деформированных полуфабрикатов)
-	-	W	Закаленное состояние, нестабильное. Этой обработке подвергаются только естественно стареющие сплавы. Обозначение конкретизируется указанием длительности естественного старения, например W (0,5 ч)
T4	-	T1	Не полностью закаленные и естественно состаренные полуфабрикаты, в которых частичное растворение легирующих элементов происходит в процессе изготовления при повышенных температурах и фиксируется быстрым охлаждением.
-	-	T2	Отжиг (исключительно отливок) для улучшения пластичности и повышения стабильности размеров.
T	T	T3*	Закалка, холодная деформация и естественное старение. Холодная деформация после закалки для повышения прочностных характеристик или правка, влияние которой оговаривается в технической документации. Степень холодной деформации обозначается второй цифрой**.
T	T	T4	Закалка и естественное старение. Холодная деформация после закалки отсутствует или влияние правки не оговаривается в документации.
T5	T5	T5	Не полностью закаленные и искусственно состаренные. Термообработка полуфабрикатов, изготавливаемых при повышенных температурах с последующим быстрым охлаждением с целью повышения прочности или стабильности размеров.
T1	T1	T6	Закалка и искусственное старение. Холодная деформация после закалки отсутствует или влияние правки не указано в технической документации.
-	-	T7	Закалка и перестаривание. Обеспечивает получение свойств за максимумом прочности на кривой старе-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

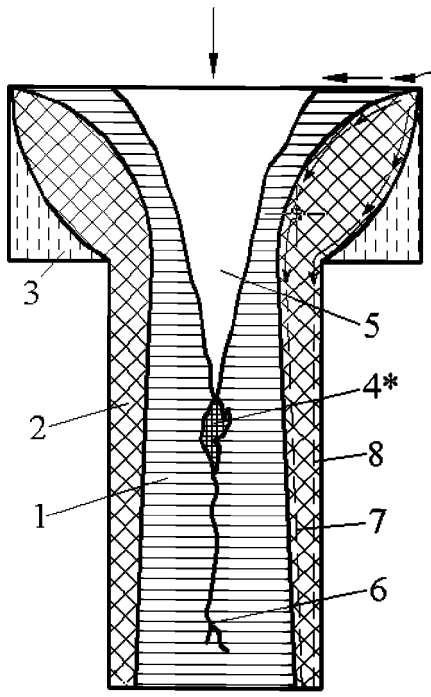
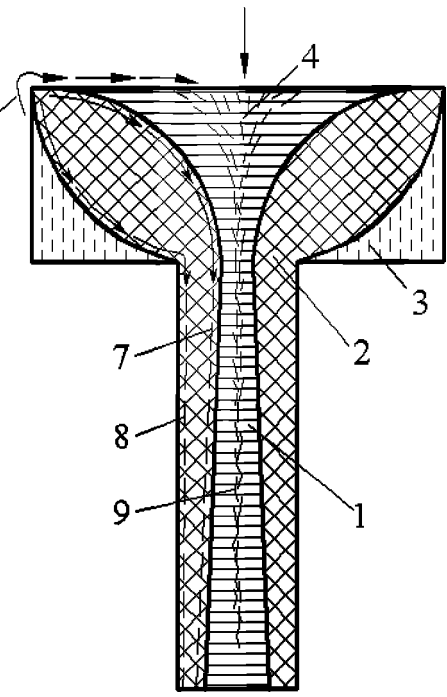
Лист

66

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	68

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	

Справ. №	Перв. примен.	

a
б

Рис. 24. Схема истечения металла из контейнера при прямом прессовании без смазки и образования дефектов прессового происхождения: *a* - $\lambda \leq 10 \div 15$; *б* - $\lambda > 15 \div 20$; 1 - центральный объем; 2 - потенциальная зона ободка; 3 - мертвый объем у матрицы; 4 - мертвый объем у пресс-шайбы; 4* - утяжина первого вида (центральная), запрессовка мертвого объема от пресс-шайбы; 5 - утяжина первого вида (воронкообразная); 6 - утяжина первого вида (глубинные окончания воронки); 7 - утяжина второго вида; 8 - наслоение; 9 - утяжина первого вида (центральная от внедрения загрязнений); 10 - направление течения поверхностных слоев слитка (показано стрелками)

Наличие такого ободка нежелательно из-за снижения прочностных свойств и ухудшения внешнего вида при анодировании. ККО представляет переходную область от зоны, подверженной влиянию интенсивной сдвиговой деформации, где протекает рекристаллизация, к зоне с меньшей неоднородностью структуры [100]. Как правило, ККО располагается симметрично в виде кольцевой зоны по всему периметру пресс-изделия (рис. 25,а) и вырастает от переднего к утяжинному концу. При асимметричном расположении каналов матрицы ККО в сечении изделия располагается с одной стороны в виде "полу-

Перв. примен.

Справка. №

- Подпись и дата**

- Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

Лист

глубине от поверхности, глубина залегания утяжин второго вида все более увеличивается по мере продвижения к заднему концу.

Наслоения.

Под наслоениями в пресс-изделиях подразумевают поверхностные макро- и микронесплошности. Глубина их залегания обычно составляет от сотых долей до нескольких миллиметров [6]. Наслоения иногда классифицируют как утяжину третьего вида или боковую утяжину. Наслоения первой группы визу- ально выявляются в виде местных вспучиваний и пленистых отслоений (рис. 27,а). Ко второй группе относятся наслоения, выявляемые только при макро- и микроанализе образцов пресс-изделий (рис. 27,б).

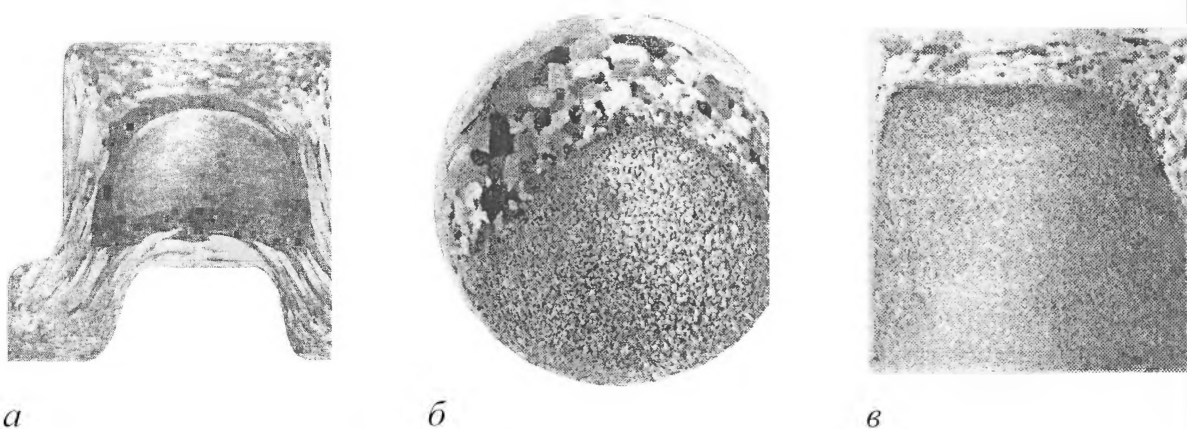
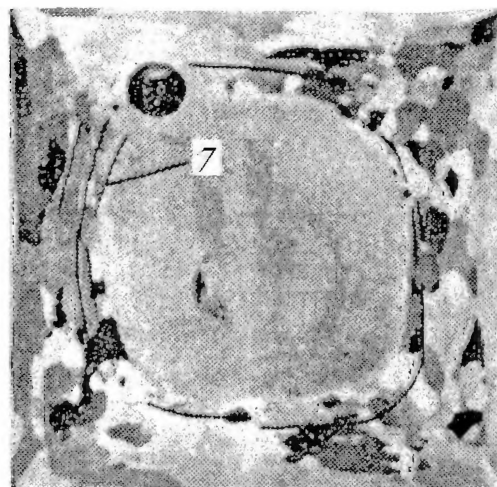
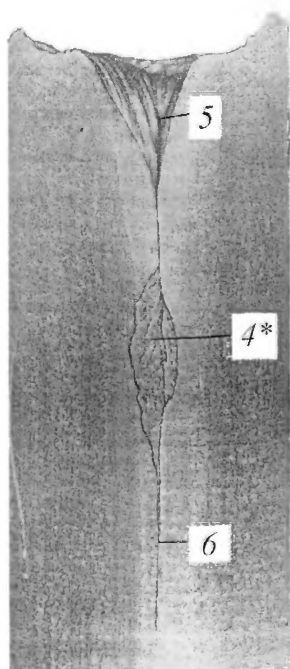
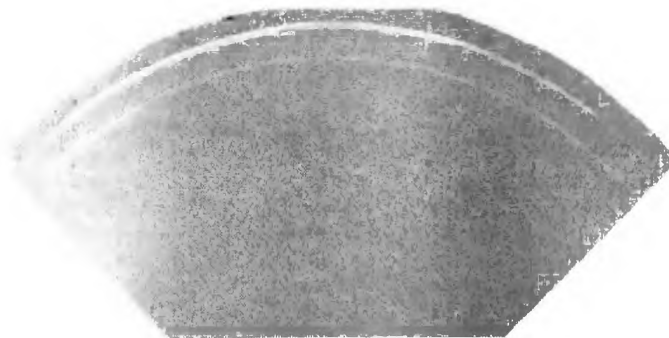
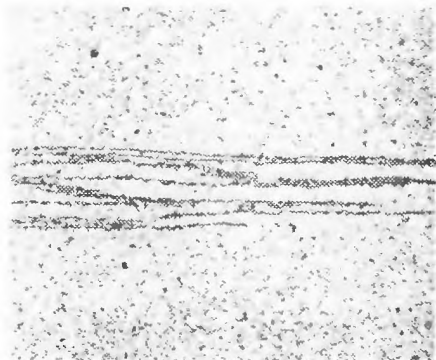


Рисунок 17 25. Крупнокристаллический ободок при прессовании в одну (а), две (б) и четыре (в) нитки

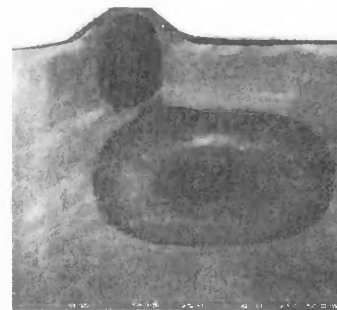


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справ. №	Черт. примеч.	<p>а б</p> <p>Рисунок 18. 26. Утяжины: а - первого вида (центральная); б - второго вида (номера в соответствии с рис. 24)</p> <p>Запрессовки представляют собой включения интерметаллидов или другого сплава, вовлеченные в процессе прессования в пресс-изделие, и являются частным случаем проявления утяжин или наслоений.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>а б</p> <p>Рисунок 19. 27. Наслоения: а - в виде концентрических линий, отличающихся по травимости от основного металла (АМг16), б - продольный шлиф с выраженными загрязнениями (АМг6)</p> <p>Для устранения этого дефекта необходимо использовать тщательно подготовленные слитки без следов загрязнений поверхности и содержать в чистоте втулку контейнера (предотвращать попадание на ее поверхность смазки и предотвращать налипание металла).</p> <p>Запрессовки.</p> <p>Основные меры борьбы с запрессовками такие же, как с утяжинами и наслоениями. Дополнительные меры: зачистка втулки контейнера контрольной пресс-шайбой при переходе с одного сплава на другой и применение обточенных слитков.</p> <p>Пузыри.</p> <p>Пузыри прессового происхождения разделяются на две группы: 1) образовавшиеся от наслоений, 2) образовавшиеся вследствие попадания воздуха из контейнера внутрь пресс-изделия.</p>
												<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>

Перв. подл.		<p>При вскрытии пузырей и пленистых отслоений в их внутренней полости обнаруживаются продукты сгорания технологической смазки, графит, окислы металла и т.п.</p> <p>Пузыри от наслоений (рис. 28,а) образуются на поверхности профилей в виде крупных пузырей или скоплений мелких тонкостенных пузырей, расположенных цепочкой на одной стороне полки профиля, или в виде отслоения. При образовании наслоений в результате попадания в них продуктов сгорания смазки также возможно образование пузырей. Давление газовой фазы в этой зоне может достигать 1 ГПа, в результате чего происходит вспучивание и вскрытие тонких поверхностных слоев, приводящее к образованию раковин.</p> <p>Пузыри от заирессовки воздуха (рис. 28,б) образуются в результате за- пира- ния воздуха в угловой полости контейнера у матрицы. Этот воздух в по- следующем внедряется в поверхность заготовки и переходит в поверхностные слои профиля.</p>				
Сл. подл.						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ 72	



а

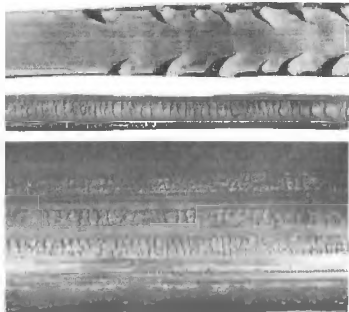

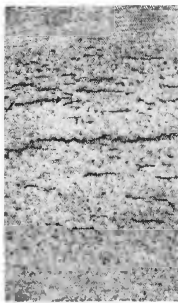
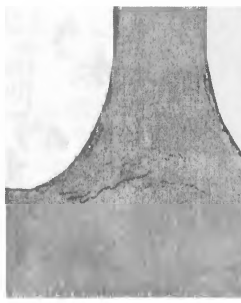


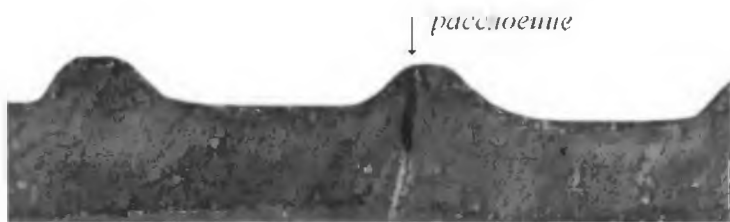
б

Рисунок 20. 28. Пузыри от наслоений (а) и заирессовки воздуха (б)

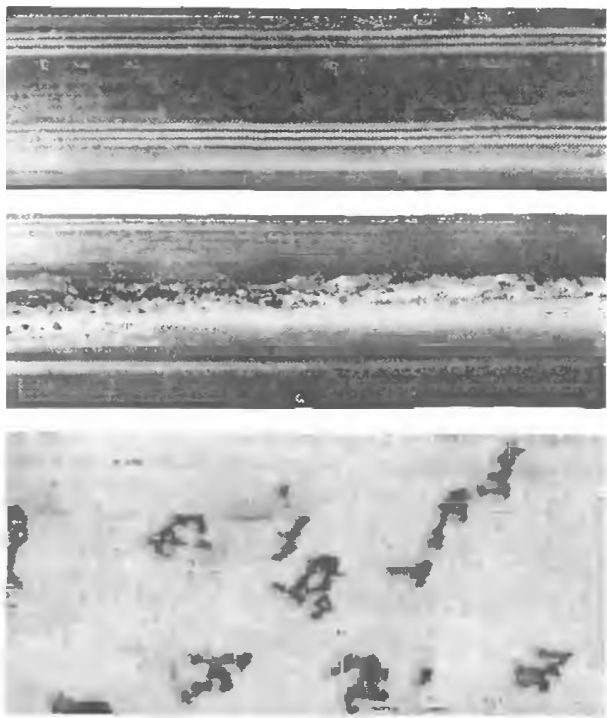
Меры борьбы с пузырями первой группы такие же, как и с наслоениями. Для устранения пузырей второй группы возможно применение градиентного нагрева, при котором воздух постепенно вытесняется из передней части полости контейнера к задней части. Этого же можно достичь, уменьшив зазор между контейнером и заготовкой [100].

Трещины.

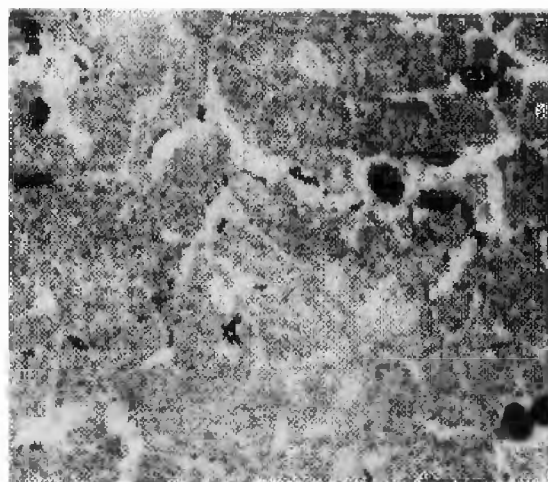
Перв. примен.	<p>Трещины прессового происхождения подразделяют на поверхностные типа "ерш", подкорковые "елочные" и внутренние локальные трещины (рис. 29).</p>				
	<div><div><p>а</p></div><div><p>б</p></div><div><p>в</p></div></div>				
Список №	<p>Рисунок 21. 29. Трещины прессового происхождения: поверхностные типа "ерш" (а), подкорковые "елочные" (б) и внутренние локальные (в)</p>				
<p>Трещины типа "ерш" представляют собой поверхностные разрывы различного размера – от микронадрывов до полного разрушения профиля. Такие трещины пересекают зерна и не располагаются по их границам [6]. Появляются "ерши" в результате неравномерности деформации при завышенных значениях температуры и скорости деформации, когда осевые слои металла опережают периферийные.</p>					
<p>Подкорковые елочные трещины не выходят на поверхность пресс-изделия и носят транскристаллитный характер. По виду в поперечном макротемплете они напоминают наслоения. Эти трещины многослойные, располагаются равномерно по всему периметру. Образуются при прессовании через матрицы с сужающимся каналом или с большой толщиной калибрующего пояска – в этом случае растягивающие напряжения в поверхностном слое уменьшаются и даже могут перейти в сжимающие, а максимум растягивающих напряжений перемещается в подкорковые слои.</p>					
<p>Избежать появления трещин типа "ерш" и подкорковых елочных можно строгим соблюдением допустимых температурно-скоростных параметров.</p>					
<p>Внутренние локальные трещины являются следствием неправильного проектирования матриц в случае прессования профилей со значительной раз-</p>					
Подпись и дата					
Инв. № обл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>					Лист
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ					73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Целе. принцип	<p>ницей в толщине элементов – из-за разницы вытяжек по элементам происходит локальный перегрев, иногда приводящий даже к нережогу. Сначала возникает сетка мелких внутренних трещин, которые затем соединяются в более крупную "магистральную", располагающуюся в направлении поперечной волнообразности. Трещины такого типа имеют интеркристаллитный характер, т.е. располагаются по границам зерен.</p> <p>Расслоение продольного сварного шва.</p> <p>Такой дефект возникает в нольных профилях при прессовании через комбинированные матрицы (рис. 30). Причинами его является недостаточное время или давление на контакте смыкающихся под мостиком рассекателя слоев металла. Устранить его можно путем снижения скорости прессования (это приводит к увеличению времени контакта под давлением, хотя и несколько снижается температура на контакте); другой способ – изменение конструкции матрицы: увеличение высоты сварочной камеры, уменьшение толщины пояска или увеличение расстояния от канала до стенки форкамеры (если таковая применяется) в области под мостиком рассекателя.</p>					
Сирин. №						
Подпись и дата	<p>Рисунок 22. 30. Расслоение продольного сварного шва</p>					
Инв. № докл.	<p><u>Поверхностные дефекты</u></p> <p>Механические повреждения возникают в результате неправильной эксплуатации инструмента и транспортировки профилей. К ним относятся риски, борозды, отметины, следы, задиры, вмятины и т.п. (рис. 31).</p>					
Взам. инв. №	<p>Риски.</p> <p>Риски возникают в результате повреждения поверхности рабочего пояска матрицы. Причинами обычно является попадание неметаллических вклю-</p>					
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
					Лист	
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ					74	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

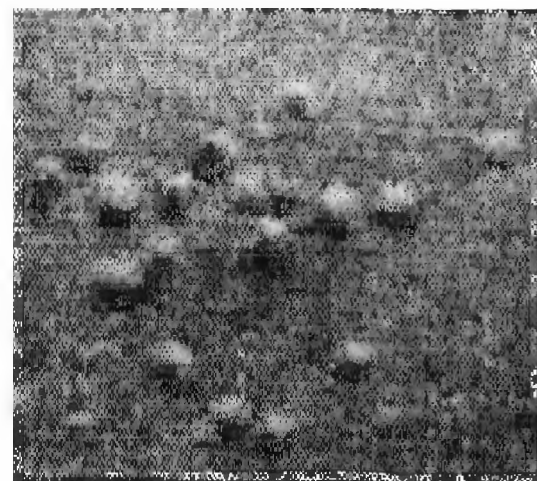
Перв. примен.	чений при разливке, а также неправильные эксплуатация и хранение матриц либо воздействие не растворившихся при гомогенизации интерметаллидов. Такой дефект устраняется путем зачистки и полировки пояска матрицы.														
	Образование рисок также возможно в результате налипания металла на рабочий поясок при прессовании с высокими скоростями истечения.														
Справ. №	Шероховатость.														
	Шероховатость поверхности часто переходит в трещины и является результатом влияния трения металла о поверхность инструмента [100]. Новы- шенная шероховатость возникает при формировании крупнозернистой струк- туры.														
	Царапины.														
	Царапины возникают в результате воздействия выкрошившихся интер- металлидных частиц материала матрицы на поверхность профиля.														
	Поверхностная волнистость.														
	Поверхностная волнистость – возникает при наложении на матрицу виб- рации, передаваемой от двигателя или насоса, а также при пульсирующей по- даче жидкости от насосного привода.														
Подпись и дата	Дефект типа «снежинка».														
	Дефект типа «снежинка» обнаруживается при анодировании на поверх- ности профилей из мягких термоупрочняемых сплавов и относится к неустра- нимому браку [100]. Причиной является засоренность плавки мельчайшими пленами оксидов из-за некачественного рафинирования расплава флюсом в плавильной печи или миксере.														
Име. № дубл.	Име. №	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.											
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											
					Лист 75										

Цвета, применяемые		<div data-bbox="609 85 1216 801">  </div> <div data-bbox="395 824 1343 913"> <p>Рисунок 23. 31. Некоторые виды поверхностных дефектов: <i>а - риски; б - задиры, в - "снежинка"</i></p> </div> <div data-bbox="226 936 1503 1102"> <p>В результате контакта профиля со столом прессы или выводным рольгангом на поверхности профиля могут появляться <i>графитовые следы</i> в виде серых или черных полос, желтые или коричневые <i>пятна от смазки</i>.</p> </div> <div data-bbox="322 1124 762 1169"> <p><i>Прерывистые расслоения.</i></p> </div> <div data-bbox="226 1191 1503 1429"> <p>Прерывистые расслоения в виде темных прерывистых полос и штрихов являются следствием наличия в металле профиля шлаковых включений [100]. Устраняется дефект соблюдением технологии рафинирования и фильтрации расплава в литейном производстве.</p> </div> <div data-bbox="322 1451 481 1496"> <p><i>Коррозия.</i></p> </div> <div data-bbox="226 1518 1503 1818"> <p>В некоторых случаях поверхность профилей подвергается воздействию точечной коррозии в результате химической и электрохимической реакции с окружающей средой. Возможно также появление пятен коррозии из-за окисления поверхности изделий вследствие наличия влаги из-за недостаточного обдува воздухом.</p> </div> <div data-bbox="603 1841 1129 1886"> <p><u>Дефекты геометрии профилей</u></p> </div> <div data-bbox="226 1908 1503 2011"> <p>Дефекты геометрии профилей описаны в разделах 3.4 и 3.5. Эти дефекты возникают как при прессовании, так и при термической обработке. Они могут</p> </div>				
Сторона А						
Идентификация						
Изм. № докум.						
Взам. инв. №						
Идентификация						
Изм. № докум.						
Изм.	Ист.	Листок	Подпись	Дат.	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	
						Лист 76

Церв. пружин.		<p>быть устранимыми и неустраняемыми. Причиной изгиба и скручивания может быть неправильно спроектированный прессовый инструмент, плохая центровка прессы, неправильно назначенный температурно-скоростной режим и усиление натяжение пуллера.</p> <p style="text-align: center;"><u>Дефекты термической обработки</u></p> <p>Основными дефектами термической обработки алюминиевых сплавов являются пережог, трещины и пузыри.</p> <p><i>Пережог.</i></p> <p>Пережог может иметь место при нагреве слитков перед прессованием или нагреве профилей перед закалкой выше температуры начала оплавления легкоплавких эвтектик, которые располагаются по границам зерен и внутри них. Эвтектики внутри зерен при пережоге образуют глобулы (рис. 32,а). Грубые стадии пережога определяются визуально – на поверхности изделий имеется потемнение или даже почернение с наличием вздувшихся бугорков (рис. 32,б). При пережоге слитков в прессованных и затем закаленных пресс-изделиях большинство глобул имеет вытянутую форму, однако при прессовании с большими коэффициентами вытяжки (более 30) выявить пережог слитка в горячепрессованном состоянии становится затруднительным [6]. Глобулы, образующиеся при закалочном пережоге сфероидальны.</p>				
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. №						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Пзм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div> <div>77</div>	



а



б

Рисунок 24. 32. Пережог: а - пример микроструктуры; б - пузыри от пережога

нагреве металла приводит к возникновению пузырей. Подкорковые пузыри имеют строчечное расположение и отличаются тонкой стенкой (толщиной 0,05-0,2 мм) с чистой внутренней поверхностью.

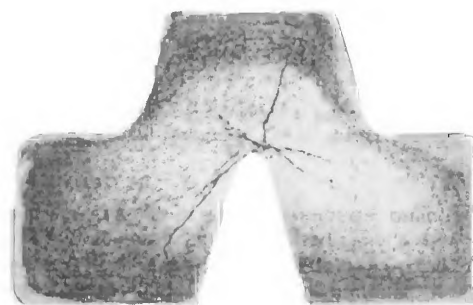
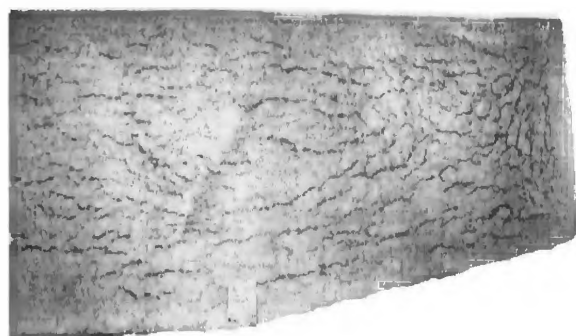


Рисунок 25. 33. Внутренние трещины

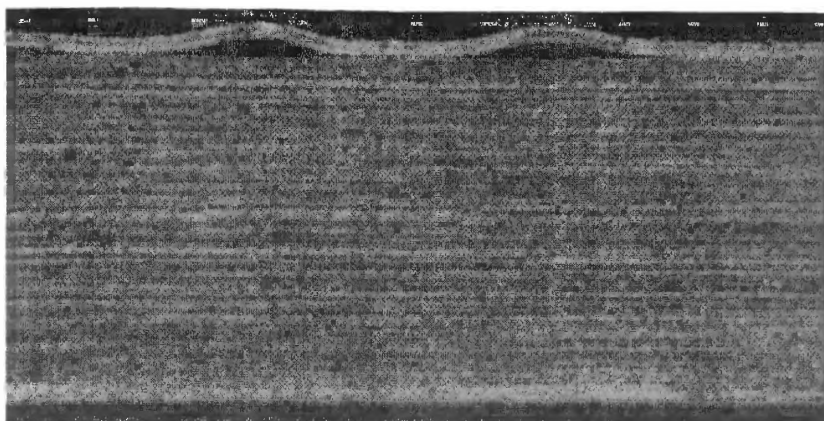


Рисунок 26. 34. Подкорковые пузыри

Вероятность образования пузырей повышается при увеличении значений таких факторов [3], как продолжительность и температура термообработки, размер зерна и содержание легирующих элементов (в частности магния в сплавах серии 7xxx, особенно подверженных этому дефекту).

Предупреждению образования подкорковых пузырей способствует:

- повышение качества поверхности профилей с целью снижения количества микродефектов путем улучшения конструкции матрицы и качества поверхности ее рабочего пояса;
- добавление в воду закалочного бака хромпика (концентраци-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справ. №	Печа. примен.	<p>ей до 0,1-0,4%) для уплотнения поверхностной оксидной пленки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • проветривание рабочего пространства печи для уменьшения концентрации паров воды.
<h2>2.10 Основные технологические операции</h2> <p>Технология прессования алюминиевых профилей должна обеспечивать, прежде всего, высокое качество профилей при максимально возможной производительности и минимальной себестоимости продукции.</p> <p>Разработка технологии прессования предполагает выбор технологической схемы, оборудования, проектирование технологического инструмента и назначение технологических режимов.</p> <p>Исходной информацией для разработки технологического процесса прессования служит чертеж готового профиля и требования соответствующего стандарта, в которых указаны допуски на геометрические размеры профиля, марка сплава, требования к качеству поверхности, а также механическим и физическим свойствам. Кроме того, заказчик оговаривает количество профиля в тоннах или метрах (штуках).</p> <p>При прессовании алюминиевых профилей обычно применяется технологическая схема, включающая следующие операции:</p> <ul style="list-style-type: none"> • подготовка заготовки; • нагрев заготовки; • прессование; • охлаждение профилей; • правка профилей; • резка на мерные длины или сматывание в бухту; • термообработка; • отделка; • упаковка и отгрузка. <p>Одновременно с выбором схемы производства выбирают способ прессования и тип прессового инструмента [9]. Такой выбор может быть сделан лишь после ориентировочного расчета технико-экономических показателей с учетом</p>												
											БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
											80	

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	<p>анализа преимуществ и недостатков возможных способов прессования. В условиях развития производства алюминиевых профилей, когда предприятия имеют 1-2 прессовые линии, технологически относительно просто сделать выбор оборудования и инструмента. При малых габаритах профиля необходимо определить возможность многоканального прессования.</p> <p style="text-align: center;"><u>Подготовка и выбор заготовок для прессования</u></p> <p>При прессовании профилей из алюминиевых сплавов обычно используют сплошные заготовки круглого сечения. Заготовки фасонного прямоугольного или плоскоовального сечения применяют только в отдельных случаях [93] (например, при прессовании панелей из профилированного контейнера). Полые круглые заготовки также применяют сравнительно редко – при прессовании пустотелых профилей с простой формой внутреннего канала при относительно больших его размерах. Поэтому ниже рассматриваются только особенности технологии прессования с использованием сплошных заготовок круглого поперечного сечения.</p> <p>Резку столбов, полученных на установках полунепрерывной разливки, на мерные длины производят на пресс-ножницах (сферическими ножами для предотвращения смятия торца нагретого столба) либо на дисковых пилах. К качеству реза предъявляется ряд требований: на торце заготовки не должно быть заусенцев и стружки, косина реза не более 1...2 мм [9].</p> <p>Для того, чтобы уменьшить количество дефектов слитков, переходящих в профили, перед прессованием заготовки для профилей ответственного назначения либо для обратного прессования подвергают обработке с удалением поверхностного слоя путем холодной обточки, отслаивания или горячего скальпирования.</p> <p>Обточка производится на специализированных линиях, при этом поверхностный слой с круглой заготовки удаляется с сохранением ее продольного и поперечного контура. Это достигается путем применения копирующего ролика, жестко связанного с инструментом и перемещаемого по вращающейся заготовке. Степень чистоты поверхности регулируется изменением формы и</p>					
							<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								

Церв. примеч.	<p>наклона режущего инструмента. Толщина удаляемого в стружку слоя составляет 0,1...5 мм. Холодная обточка может производиться на обычных токарно-винторезных станках, однако эта операция очень трудоемка.</p> <p>Метод отслаивания заключается в том, что поверхностные слои удаляются инструментальным роликом при сочетании вращательного движения заготовки и инструмента с их поступательным перемещением вдоль обрабатываемой поверхности. При этом производительность в 4...5 раз выше, чем при обточке.</p> <p>Скальпирование представляет собой операцию удаления поверхностного слоя заготовки при проталкивании ее через специальную матрицу с диаметром отверстия несколько меньшим, чем диаметр заготовки. Скальпирование осуществляется в горячем состоянии – либо между прессом и нагревательным устройством, либо непосредственно на прессе на входе в контейнер [9].</p> <p><i>Выбор размеров заготовки.</i> Массу заготовки определяют на основании массы годного профиля и массы отходов.</p> <p>Размеры заготовки (длина и диаметр) без учета отходов могут быть найдены, исходя из размеров (длины и площади поперечного сечения) профиля и коэффициента вытяжки. Минимально допустимый коэффициент вытяжки должен быть не менее 7...10, максимальный – зависит от допускаемых напряжений в рабочем инструменте и при прессовании тонкостенных профилей достигает 300 и более.</p> <p>После выбора коэффициента вытяжки λ может быть рассчитан диаметр контейнера:</p> $D_k = \sqrt{4\lambda F_{\text{пр}} n / \pi},$ <p>(6.1)</p> <p>где $F_{\text{пр}}$ – площадь поперечного сечения профиля, n – количество ниток.</p> <p>Затем выбирают ближайший стандартный диаметр контейнера и находят действительный коэффициент вытяжки.</p>														
	Сигн. №														
Подпись и дата		Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.										
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> <p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div> <div> <p>Лист</p> <p>82</p> </div> </div>						Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											

Перв. примен.	<p>При заданном диаметре контейнера диаметр заготовки может быть найден следующим образом. При среднем значении коэффициента линейного расширения алюминиевых сплавов в температурных условиях прессования, равном $25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, увеличение диаметра заготовки при нагреве составляет:</p> $\Delta D_{3.\text{темп}} = (0,01 \dots 0,012) D_3. \quad (6.2)$ <p>Зазор между нагретой заготовкой и контейнером должен быть в пределах $(0,008 \dots 0,01) D_3$; плюсовой допуск на диаметр заготовки – в пределах $(0,007 \dots 0,013) D_3$. Тогда:</p> $D_3 = (0,965 \dots 0,975) D_{\text{к}}. \quad (6.3)$ <p>Однако на практике, особенно для контейнеров средних и крупных размеров, диаметр заготовки часто применяют несколько меньшим, чем рассчитанный по формуле (6.3) (табл. 6.1).</p> <p>При всех способах прессования целесообразно применять заготовки как можно большего объема [9]. Для обеспечения максимального выхода годного и минимального усилия прессования при определенном объеме заготовки более рационально увеличивать ее длину, чем диаметр.</p>				
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Таблица 7 (6.1.) Размеры заготовки и соответствующие им размеры контейнера

$D_{\text{к}}, \text{мм}$	85	95	115	130	159	170	200	225
$D_3, \text{мм}$	82	92	112	127	152	162	192	217
$D_{\text{к}}, \text{мм}$	250	270	300	360	420	500	650	800
$D_3, \text{мм}$	240	258	285	345	405	480	620	765

Для прямого процесса горячего прессования отношение длины заготовки к диаметру $L_3/D_3 = 3 \dots 5$, при обратном прессовании $L_3/D_3 \leq 7$. При прессовании тонкостенных профилей длина заготовки при прочих постоянных параметрах может ограничиваться длиной выходного стола пресса.

					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справа. №	Церв. примен.	<p>При определении длины заготовки необходимо учитывать число каналов в матрице, кратность готовых профилей в выпрессованной плети (т.н. прессовке), длину концевых обрезей, толщину пресс-остатка, потери металла на раскрой, а также размеры образцов для механических и других видов испытаний.</p> <p>Длину заготовки при прессовании в общем случае определяют по формуле [9]:</p> $L_3 = \frac{nF_{\text{пр}}}{F_3} [m(l_{\text{пр}} + \Delta l) + l_{\text{к.о}}] + h_{\text{п.о}} k_{\text{распр}}, \quad (6.4)$ <p>Где:</p> <p>n – число каналов в матрице;</p> <p>F_3 и $F_{\text{пр}}$ – площади сечения соответственно заготовки и профиля с учетом плюсовых допусков;</p> <p>$l_{\text{пр}}$ – длина готового профиля;</p> <p>Δl – припуск на длину;</p> <p>m – кратность профилей в прессовке;</p> <p>$l_{\text{к.о}}$ – длина концевой обреза;</p> <p>$h_{\text{п.о}}$ – толщина пресс-остатка;</p> <p>$k_{\text{распр}}$ – коэффициент распрессовки.</p> <p>Коэффициент распрессовки определяется как отношение площадей поперечного сечения контейнера и заготовки.</p> <p>Формула (6.4) теоретически определяет связь между размерами заготовки и профиля. Однако, реальная площадь поперечного сечения профиля может изменяться в зависимости от следующих факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • утяжки элементов сечения профиля во время прессования; • упругого прогиба матрицы (зависящего от конструкции и свойств материала матрицы); • износа матрицы, приводящего к увеличению толщины профиля; • натяжения пуллера; • термической утяжки при охлаждении на выходе из пресса; • механических свойств сплава. <p>Отходы в прессовом переделе подразделяются на возвратные и безвозвратные. К безвозвратным отходам относятся потери металла, связанные с окислением металла в нагревательных печах (угар). В методических газовых печах угар составляет 0,2% от массы слитка, в индукционных печах – порядка</p>
												<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справа. №	Церв. примен.	

Церв. притчен.	0,1% (поскольку время нахождения в них слитка при высоких температурах ниже).				
	<p>Основной объем отходов в прессовом переделе составляют возвратные (геометрические и технологические) отходы: пресс-остаток, обрезь переднего и заднего концов и др.</p> <p>Толщина пресс-остатка должна быть такой, чтобы прекратить процесс прессования до момента образования центральной (осевой) пресс-утяжины при получении прутков и толстостенных профилей, а также предотвратить попадание боковой поверхности слитка в профиль, так как при достижении определенной величины пресс-остатка начинается выдавливание металла "мертвых" зон. С увеличением диаметра заготовки и уменьшением ее длины размер пресс-остатка должен быть увеличен. Кроме того толщину пресс-остатка повышают в случае появления волнистости при прессовании шпороких панелей [3].</p> <p>Зависимость толщины пресс-остатка от диаметра контейнера выражается эмпирическими соотношениями [9]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • при прямом прессовании: $h_{п.о.} = (0,22 \dots 0,25) D_k;$ • при обратном прессовании: $h_{п.о.} = (0,12 \dots 0,15) D_k;$ • при прессовании с активным действием сил трения: $h_{п.о.} = (0,07 \dots 0,12) D_k.$ <p>Рекомендованные толщины пресс-остатков в зависимости от диаметра контейнера и длины заготовки приведены в табл. 6.2.</p> <p>Длина обреза переднего конца профиля изменяется в широких пределах в зависимости от коэффициента вытяжки и сплава и составляет 100...500 мм.</p>				
Справа. №					
Подпись и дата					
Име. № дубл.					
Взам. име. №					
Подпись и дата					
Име. № подл.					

Нагрев заготовок

При определении температурного режима необходимо стремиться к следующему [7, 30]:

- наибольшему снижению сопротивления деформации с целью умень-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 85
------	------	----------	---------	------	-----------------------------	------------

шения требуемых усилий и нагрузок на инструмент;

Таблица 8 (6.2.) Зависимость толщины пресс-остатка $h_{п.о}$ от диаметра контейнера D_k , коэффициента вытяжки λ и длины заготовки L_3

D_k , мм	λ	L_3 , мм											
		200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
122-130	10-29	30	40	45	50	60	70	75					
	30-59	25	30	35	40	45	50	55					
150	10-29	35	45	50	55	60	70	75					
	30-59	30	35	40	45	50	55	60					
170	10-29	40	45	50	55	60	70	75					
	30-59	35	40	45	50	55	60	65					
200	10-29				55	60		70	90	100			
	30-59				40	45		60	65	75			
225-250	10-29					60		75	90	105	120		
	30-49					45		55	70	80	90		
270	10-29					70		75	90	105	120		
	30-49					50		60	70	80	90		
310	10-29					75		80	95	110	125	140	
	30-49					50		60	70	80	90	100	
360	5-19							80	100	115	130	145	
	20-39							70	80	90	105	120	
420	3-9								110	120	135	150	165
	10-29								90	105	120	140	155
500	3-9								120	125	135	150	170
	10-29								100	105	120	140	150

- обеспечению наибольших скоростей истечения;
- поддержанию температуры не выше так называемой критической для

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист
86

Перв. примен.	<p>данного сплава, превышение которой вызывает резкое падение вязкости и нарушение целостности профиля;</p> <ul style="list-style-type: none"> • соблюдению оптимальных температурных условий работы прессового инструмента; • получению профилей с заданными свойствами. <p>Прессование алюминия и его сплавов осуществляется в широком диапазоне температур от 200 до 500°C.</p> <p>В настоящее время с целью снижения перепада энергосплывовых и температурных параметров процесса прессования по длине заготовки все большее распространение получает т.н. "градиентный" нагрев.</p> <p>В Таблица 9. (6.3) приведены рекомендуемые температуры нагрева заготовки и контейнера [30, 102] при традиционном прямом прессовании без градиентного нагрева.</p>																																																																							
	Справ. №																																																																							
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Таблица 9 (6.3.) Температуры нагрева контейнера и заготовки																																																																				
Подпись и дата	Инв. № подл.	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Марка сплава</th> <th rowspan="2">Профили</th> <th colspan="3">Температура, °C</th> </tr> <tr> <th>контейнера</th> <th>заготовки</th> <th>предельно допустимая</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Алюминий</td> <td>Все профили</td> <td>350 – 430</td> <td>380 – 500</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>АД0, АД1</td> <td>То же</td> <td>350 – 430</td> <td>400 – 450</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>АВ</td> <td>" "</td> <td>400 – 450</td> <td>480 – 510</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>АМц</td> <td>" "</td> <td>400 – 430</td> <td>440 – 480</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">АД31, АД33</td> <td>Без закалки на прессе</td> <td>350 – 430</td> <td>370 – 500</td> <td rowspan="2">520</td> </tr> <tr> <td>С закалкой на прессе</td> <td>400 – 450</td> <td>450 – 520</td> </tr> <tr> <td>1915, 1925</td> <td>Все профили</td> <td>350 – 430</td> <td>400 – 450</td> <td>470</td> </tr> <tr> <td>АМг2, АМг3, АМг5, АМг6</td> <td>То же</td> <td>350 – 430</td> <td>400 – 450</td> <td>490</td> </tr> <tr> <td>Д1, Д19, АК6, АК8</td> <td>" "</td> <td>350 – 430</td> <td>400 – 460</td> <td>490</td> </tr> <tr> <td>АК4-1, АК4</td> <td>" "</td> <td>350 – 430</td> <td>360 – 440</td> <td>535</td> </tr> <tr> <td>АК6</td> <td>С регламентированным крупнокристаллическим ободком</td> <td>420 – 440</td> <td>440 – 460</td> <td>490</td> </tr> <tr> <td>В93</td> <td>Все профили</td> <td>300 – 320</td> <td>320 – 350</td> <td>550</td> </tr> </tbody> </table>					Марка сплава	Профили	Температура, °C			контейнера	заготовки	предельно допустимая	Алюминий	Все профили	350 – 430	380 – 500	550	АД0, АД1	То же	350 – 430	400 – 450	550	АВ	" "	400 – 450	480 – 510	550	АМц	" "	400 – 430	440 – 480	550	АД31, АД33	Без закалки на прессе	350 – 430	370 – 500	520	С закалкой на прессе	400 – 450	450 – 520	1915, 1925	Все профили	350 – 430	400 – 450	470	АМг2, АМг3, АМг5, АМг6	То же	350 – 430	400 – 450	490	Д1, Д19, АК6, АК8	" "	350 – 430	400 – 460	490	АК4-1, АК4	" "	350 – 430	360 – 440	535	АК6	С регламентированным крупнокристаллическим ободком	420 – 440	440 – 460	490	В93	Все профили	300 – 320	320 – 350	550
		Марка сплава	Профили	Температура, °C																																																																				
контейнера	заготовки			предельно допустимая																																																																				
Алюминий	Все профили	350 – 430	380 – 500	550																																																																				
АД0, АД1	То же	350 – 430	400 – 450	550																																																																				
АВ	" "	400 – 450	480 – 510	550																																																																				
АМц	" "	400 – 430	440 – 480	550																																																																				
АД31, АД33	Без закалки на прессе	350 – 430	370 – 500	520																																																																				
	С закалкой на прессе	400 – 450	450 – 520																																																																					
1915, 1925	Все профили	350 – 430	400 – 450	470																																																																				
АМг2, АМг3, АМг5, АМг6	То же	350 – 430	400 – 450	490																																																																				
Д1, Д19, АК6, АК8	" "	350 – 430	400 – 460	490																																																																				
АК4-1, АК4	" "	350 – 430	360 – 440	535																																																																				
АК6	С регламентированным крупнокристаллическим ободком	420 – 440	440 – 460	490																																																																				
В93	Все профили	300 – 320	320 – 350	550																																																																				
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div> <div>Лист 87</div>																																																									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																																																																				

Перв. примен.		Марка сплава	Профили	Температура, °С													
				контей- нера	заготовки	предельно допустимая											
Справ. №		В95	Общего назначения	360 – 430	370 – 430	480											
			Периодического сечения	370 – 430	410 – 450												
			Прессуемые со смазкой	300 – 350	250 – 350												
		Д16	Сплошные и полые общего назначения	350 – 430	400 – 460	490											
			Повышенной точности	380 – 430	430 – 460												
			Прессуемые со смазкой	300 – 350	250 – 350												
<p>В настоящее время для нагрева заготовок перед прессованием применяют индукционные печи, печи электросопротивления и газовые. Выбор способа нагрева и типа нагревательной печи определяется температурными условиями процесса, размерами и конфигурацией заготовок, требованиями к равномерности распределения температуры по длине и поперечному сечению заготовок, типом производства и видом энергии, которую более рационально использовать в конкретных условиях.</p> <p>Сравнительные характеристики различных способов нагрева заготовок и соответствующих печных устройств приведены в Таблица 10, Таблица 11 (6.4, 6.5.)</p> <p>Индукционные печи по частоте питающего тока подразделяют на печи промышленной частоты (50 Гц) и повышенной частоты (500...1000 Гц). Рабочая частота нагревательных установок тем больше, чем меньше диаметр заготовки. Выбор частоты тока производят, исходя из приемлемого КПД печи, требуемой скорости и стоимости нагрева.</p> <p>Таблица 10 (6.4.) Сравнительные характеристики различных нагревательных устройств</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th rowspan="2" style="width: 45%; text-align: center;">Характеристика нагрева</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Тип печи</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%; text-align: center;">газовая</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">индукционная</th> <th style="width: 25%; text-align: center;">конвективная сопротивления</th> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Характеристика нагрева	Тип печи			газовая	индукционная	конвективная сопротивления				
Характеристика нагрева	Тип печи																
	газовая	индукционная	конвективная сопротивления														
Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата													

					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Перв. примен.	Справ. №	Характеристика нагрева	Тип печи		
			газовая	индукционная	конвективная сопротивления
		Равномерность нагрева по диаметру	2	3	2
		Скорость нагрева	2	3	2
		Возможность градиентного нагрева	если запроектирована	есть	нет
		Мобильность при переходе на различные режимы нагрева	2	3	1
		Возможность автоматизации процесса	3	3	1
		Взаимодействие окружающей среды с поверхностью заготовки	3	1	2
		Условия труда и техники безопасности	1	3	2
		Компактность установки	2	3	1
		Средний КПД печи	0,2...0,5	0,6	0,3
		Экономичность строительства печи	3	1	3

Примечание: 1-3 трехбалльная система оценки; балл 3 соответствует высшему показателю характеристики

Таблица 11 (6.5.) Технические характеристики некоторых печей для нагрева алюминиевых сплавов [9, 93, 102]

		Индукционные						Сопротивления			Газовая
		ИН-51	ИН-52	ИН-31	ИН-600	ИН-800	ИН-1100	1)	2)	3)	4)
Размеры заготовки, мм:	диаметр	82-215	110-165	190-430	410-540	480-780	630-1080			120	170... 214
	длина	200-700	200-700	280-1000	400-1100	700-1800	700-1900			400	350... 800
Максимальная температура нагрева, °С		570	570	570	550	550	550			500	580
Мощность, кВт		350	600	1300	1200	2500	2500	105	340	80	
Средний удельный расход газа, м³/ч											46... 50
Максимальная производительность, т/ч		1,5	2,5	5	4	10	10	0,6	2,0	0,3-0,6	2,9

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист

89

Примечания: 1) печь с принудительной циркуляцией воздуха для пресса усилием 20 МН; 2) то же для пресса усилием 50 МН; 3) печь карусельного типа с вращающимся подом для пресса усилием 7,5 МН; 4) проходная [9].

Индукционные нагревательные печи подразделяются на методические и садочные. В индукторе методических печей одновременно находится несколько заготовок, их нагрев происходит по мере продвижения через индуктор. Электрические параметры таких заготовок в процессе работы неизменны. У садочных установок в индукторе может находиться одна или несколько заготовок. Электрические параметры этих установок в процессе нагрева могут меняться в зависимости от изменения физических параметров заготовок при повышении температуры.

При обработке заготовок одного размера большими партиями выгоднее применять методические печи. Они имеют более высокую производительность, более полное использование установленной мощности, более простую конструкцию механизмов загрузки и выгрузки заготовки, благоприятные условия автоматизации всего цикла нагрева.

Электрические печи сопротивления с циркуляцией воздуха используются для нагрева некруглых заготовок, когда усложняется использование индукционных печей.

Следует учитывать, что при нагреве в индукционных печах возможен большой перепад температуры между периферией и центром $\Delta T_{\text{ш}}$, который может привести к недопустимым термическим напряжениям и возникновению трещин в заготовке [7]. Допустимая величина $\Delta T_{\text{ш}}$, для высоколегированных сплавов составляет 20...40°C, для малолегированных сплавов – 40...100°C и регулируется временем нагрева. Ниже приведена формула для определения минимального времени нагрева t_{min} (мин) в зависимости от перепада температуры $\Delta T_{\text{ш}}$ (°C) и диаметра заготовки D_3 (мм), полученная путем аппроксимации данных:

$$t_{\text{min}} = -5,7 + 0,206 \cdot D_3 - 0,553 \cdot \Delta T_{\text{ш}} - 0,003 \cdot D_3 \cdot \Delta T_{\text{ш}} + 0,008 \cdot \Delta T_{\text{ш}}^2. \quad (6.5)$$

Таблица 12 (6.6.) Энергетические и стоимостные характеристики печей для нагрева алюминиевых заготовок (при градиентном нагреве до 400...470°C на 1 т заготовки)

	Индукционная печь	Комбинированная индукционно-газовая печь	Газовая печь
Потребление электроэнергии, кВт·ч	218	20	–
Потребление энергии сгорания газа, кВт·ч	–	200	232
Сравнительная стоимость	100	25	18

Перв. примен.	нагрева ¹⁾²⁾ , %						
	Капиталовложения ¹⁾ , %				100	110	70
Справ. №	<p>Примечания: 1) по отношению к соответствующей характеристике для индукционной печи; 2) согласно ценам на энергоносители в Италии.</p> <p>Основным преимуществом газовых печей, несмотря на относительно невысокий КПД и скорость нагрева, является низкая стоимость нагрева. К тому же газовые печи обеспечивают низкий перепад температур по сечению заготовки и целесообразно их применение для нагрева легированных сплавов. Известны комбинированные индукционно-газовые конструкции печей, которые применяют для градиентного нагрева заготовок. Сравнение энергетических и стоимостных характеристик может быть проведено с помощью Таблица 12 (6.6.)</p>						
	<h2>2.11 Режимы прессования</h2> <p>Получение алюминиевых профилей высокого качества зависит от выбранного режима прессования, который в первую очередь характеризуется температурно-скоростными параметрами процесса прессования. Производительность процесса и себестоимость профилей также во многом определяется скоростью прессования.</p> <p>Можно выделить несколько основных взаимосвязанных факторов, определяющих протекание процесса прессования и качество получаемых профилей:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способ прессования и состав оборудования (тоннаж пресса, наличие тянущего устройства, охлаждающего оборудования и пр.); • конструкция матрицы и прессового инструмента; • физико-химические свойства сплава; • температура нагрева заготовки (и ее распределение по длине заготовки), контейнера и матрицы; • скорость прессования; • тянущее усилие пуллера; • скорость охлаждения профиля. 						
Име. № подл.						Исх.	
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	
						91	

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

Лист
92

Сплав	Тип профиля*	Диаметр описанной окружности, мм										
		25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
AlMgSi1	A	1	1,2	1,2	1,5	2	2,5	3	4	4	5	6
AlSi0,5Mg	B	1	1,2	1,5	2	2	2,5	3	4	4	5	6
AlZnMg1	B	1	1,2	1,5	2	2	2,5	3	4	4	5	6
	C	2	1,5	2	2	3	4	4	5	5	6	6

* А – сплошные и полузамкнутые профили; В – полые профили с постоянной толщиной стенки (в т.ч. трубы); С – полые профили с переменной толщиной стенки (в т.ч. с несколькими полостями)

Таблица 14 (6.8.) Зависимость между мощностью прессы, диаметром описанной окружности и толщиной стенки профиля для сплавов высокой прочности

Сплав	Тип профиля	Диаметр описанной окружности, мм										
		25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
Усилие прес-са, МН		10	10	10	10	25	25-35	35	50	50	80	80
AlMg3	A	1	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	4	5	6
AlMg5	A	1	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	4	5	6
AlCuMg1	A	1,2	1,2	1,2	1,5	2	3	5	5	6	7	8
AlCuMg2	A	1,2	1,2	1,2	1,5	2	3	5	5	6	7	8
AlCuMg2*	B	2	2	3	4	5	5	6	8	10	10	12
AlZn5MgCu	A	2	2	2,5	3	3	5	6	8	12	12	14

Поскольку пик усилия в ходе прессования соответствует этапу заполнения матрицы металлом, в случае прессования прочных сплавов целесообразно использовать затравку – короткую заготовку из более мягкого сплава, которая задается в контейнер вместе с основной заготовкой из прочного сплава и прессуется первой.

Прессовый инструмент. Применяя различные приемы при проектировании матрицы можно добиться существенного снижения разогрева элементов профиля в результате действия сил трения и выровнять истечение и разогрев

Серия №	Перв. примен.	<p>этих элементов. Это, в свою очередь, обеспечивает снижение усилия и дает возможность увеличить скорость прессования и качество профиля. К таким приемам следует отнести снижение толщины рабочего пояса матрицы, применение форкамер и карманов в плоских матрицах, уменьшение размеров раскатателя (мостика) в комбинированных матрицах и др. (методика проектирования матриц подробнее рассмотрена в разделе 11). Увеличение толщины матрицы и подкладки и применение более прочных сплавов обеспечивает повышение их прочности и жесткости. Это позволяет повысить точность профилей, а также снизить температуру подогрева заготовки либо повысить скорость прессования, если позволяет усилие прессы.</p> <p>Однако, применение форкамер при прессовании сплавов высокой прочности нецелесообразно, т.к. металл, находящийся в форкамере, подстуживается во время пауз при загрузке следующей заготовки, что приводит к значительному повышению усилия прессования вплоть до остановки процесса или поломки инструмента.</p> <p>При прессовании полых профилей через комбинированные матрицы повышение скорости прессования приводит к ухудшению качества сварки швов. Это объясняется тем, что для достижения высокого качества сварного шва требуется определенное давление и время, чтобы успели пройти диффузионные процессы. Поэтому, для повышения возможной скорости прессования увеличивают размеры сварочной камеры.</p> <p>При температурах горячего прессования алюминиевые сплавы склонны к интенсивному налипанию на поверхность технологического инструмента. Уменьшить интенсивность адгезии можно двумя путями [101]: интенсивным охлаждением инструмента в процессе прессования и улучшением качества обработки его рабочих поверхностей.</p> <p>Охлаждение инструмента можно осуществлять, используя водоохлаждаемую втулку контейнера или матрицу. Определенное распространение получил обдув охлаждающим газом (жидким азотом) выходной стороны матричного комплекта. Подвод газа осуществляется через каналы в подкладке или</p>				
		Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.
<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>					Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	94	

Перв. примен.	<p>опорном кольце. При этом, кроме охлаждения самого инструмента, происходит и охлаждение профиля, что положительно влияет на качество его поверхности.</p> <p>Уменьшить шероховатость профилей позволяет также применение матриц, стенки поясков которых не параллельны, а сужаются к сечению выхода. Увеличение угла сужения стенок приводит к повышению средних напряжений трения на пояске (при изменении угла от 0° до 3° – с 1,4 до 2,5 МПа для сплава 6060 при температуре 480 °С, скорости перемещения пресс-штемпеля 10 мм/с и усилия прессования (примерно на 35 % при тех же значениях угла).</p> <p>В настоящее время матрицы после опрессовки практически всегда подвергают поверхностной обработке (азотированию, хромированию), что уменьшает налипание алюминия на рабочие поверхности матрицы и повышает срок ее эксплуатации.</p> <p><i>Физико-химические свойства сплава:</i> реологические характеристики, наличие фазовых превращений в области температур прессования, теплопроводность, теплоемкость и др.</p> <p>Алюминиевые сплавы по прочностным свойствам условно разделяют на группы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сплавы с низкой прочностью ($\sigma_b < 300 \text{ МПа}$): нетермоупрочняемые (технически чистый алюминий АД1 и низколегированные сплавы АМц, АМ1, АМ2, АМ3), термоупрочняемые (АВ, АД31); • сплавы средней прочности ($\sigma_b = 295 \dots 400 \text{ МПа}$): нетермоупрочняемые (АМг5, АМг6), термоупрочняемые (1915, 1925, Д1, 1420, Д16); • сплавы высокой прочности ($\sigma_b > 400 \text{ МПа}$) термоупрочняемые (В95, В96). <p>Следует отметить высокую по сравнению с другими металлами теплоемкость и теплопроводность алюминиевых сплавов. Однако для разных сплавов эти характеристики могут существенно отличаться (раздел 1). Чем выше прочность сплава, тем ниже его прессуемость (табл. 6.9).</p> <p>Таблица 15 (6.9). Относительная прессуемость сплавов</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	<p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<p>Лист</p> <p>95</p>

Целя, примен.	Марка сплава	АД1	Амц	АД31	АД33	АК6	АМг4	АК8	АМг5	Д16	В95	В94
	Относительная, прессуемость, %	135	120	100	60	35	25	20	20	15	9	8

Температурно-скоростной режим прессования. Все перечисленные выше факторы влияют на скорость прессования. Для оценки влияния химического состава могут быть использованы данные [93] (см. табл. 6.9) об относительной прессуемости различных сплавов. Скорость истечения при прессовании профилей из сплава АД31 принята за 100%, а скорости истечения других сплавов выражены в процентах по отношению к скорости истечения сплава АД31.

Имеется также классификация прессуемости профилей в зависимости от сложности формы сечения (табл. 6.10) [3].

Значения скоростей прессования и истечения различных сплавов колеблются в широких пределах. Диапазоны этих значений при коэффициенте вытяжки 10...100 [100] приведены в табл. 6.11, а по данным [3] – в Таблица 18 (6.12.).

Таблица 16 (6.10.) Классификация прессуемости профилей в зависимости от сложности формы сечения

Категория формы сечения	Тип профиля	Примеры формы сечения
А	Простая полоса	
В	Фасонная полоса	
С	Стандартные профили	
Д	Простые сплошные профили	
Е	Полузамкнутые профили	
Ф	Профили с резкими переходами или тонкими стенками; широкие профили	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
						96

Справ. №	Церк. примен.	Категория формы сечения	Тип профиля	Примеры формы сечения
		G	Профили со сложными язычками либо очень малым расстоянием между стенками	
		H	Трубы	
		J	Простые полые профили	
		K	Сложные полые профили, профили с дву- мя полостями и более	
		L	Трубные профили со сложной наружной поверхностью	
		M	Трубные профили со сложной внутренней поверхностью или K+L	
		N	Большие или широкие полые профили	

Таблица 17 (6.11.) Температурно-скоростные режимы прессования алюминиевых сплавов

Сплав	Температура, °C	Скорость прессования, мм/сек	Скорость истечения, м/мин
Алюминий (АД00, АД0)	250...500	15...20	≥50
АВ	250...500	5...15	18...50
Д1, Д16, В65, ВД17, ВД18, ВД19	350...480	1...2	2,5...3,5
АД31, АД33, АД35	480...500	5...10	12...30
АК2, АК4, АК4-1, АК6, АК8	400...450	2...4	4...6
В92, В93, В94, В95, В96	360...430	1...2	2...3
АМг2	450...520	4...8	6,5...9,5
АМг3	450...500	3...4	3...6
АМг5, АМг6	430...470	1...2	2...2,5

Таблица 18 (6.12.) Температурно-скоростные режимы прессования алюминиевых сплавов по данным

Сплавы низкой и средней прочности			Сплавы высокой прочности		
Сплав	Температура заготовки, °C	Скорость истечения, м/мин	Сплав	Температура заготовки, °C	Скорость истечения, м/мин
1060	420	50-100	2014-2024	420-450	1,5-3,5

Перв. примен.	Сплавы низкой и средней прочности			Сплавы высокой прочности		
	Сплав	Температура заготовки, °С	Скорость истечения, м/мин	Сплав	Температура заготовки, °С	Скорость истечения, м/мин
Справ. №	1100	430	50-80	5083, 5086, 5456	440-450	2-6
	3003	450	30-70	7001	370-415	0,5-1,5
	5052	450	5-10	7075, 7079	300-460	0,8-2
	5154, 5254, 5454	460	6-15	7049, 7150, 7178	300-440	0,8-1,8
	6161	430-500	5-25			
	6063	480-500	35-80			
	6066	425-460	20-35			
	6101	480-500	35-80			
	6463	480-500	35-80			
	7003	440-525	5-21			
7005	440-525	5-14				

Указанные выше величины могут служить лишь для оценки уровня скоростей при прямом прессовании. Скорость истечения для различных алюминиевых сплавов в зависимости от диаметра контейнера, длины заготовки и усилия пресса может быть определена по следующей формуле, полученной путем аппроксимации данных:

$$v_{\text{ист}} = b_0 + b_1 \cdot D_{\text{к}} + b_2 \cdot D_{\text{к}}^2 + b_3 \cdot L_3 + b_4 \cdot L_3^2 + b_5 \cdot P_{\text{н}} + b_5 \cdot P_{\text{н}}^2. \quad (6.6)$$

Коэффициенты, входящие в это выражение, приведены в Таблица 19 (6.13).

Таблица 19 (6.13.) Коэффициенты выражения для определения скорости истечения при прессовании алюминиевых сплавов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 98
------	------	----------	---------	------	------------------------------------	------------

Справ. №	Перв. примен.	Сплав	b_0 , м/мин	$b_1 \times 10^3$, м/(мин·мм)	$b_2 \times 10^6$, м/(мин·мм ²)	$b_3 \times 10^3$, м/(мин·мм)	$b_4 \times 10^6$, м/(мин·мм ²)	$b_5 \times 10^3$, м/(мин·МН)	$b_6 \times 10^3$, м/(мин·МН ²)	Коэффициент корреляции
		АД1, АМц	31,43	-109,8	120	-27,0	13	-89,8	4,9	0,912
		АД31, АМг2, АВ	17,46	-78,8	102	-15,4	8	139,0	2,8	0,970
		Д1, АК6, АМг3	5,98	-34,7	53	-6,6	3	170,3	-1,5	0,986
		Д16	3,57	-4,7	3	-4,9	2	4,2	0,5	0,975
		В95	2,16	-4,7	0	-2,9	1	9,6	0,3	0,919
		АМг6	2,64	-7,3	3	-3,7	2	29,7	0,2	0,942

В Таблица 20 (6.14.) приведены ориентировочные величины скоростей истечения, температуры нагрева заготовки и контейнера при прессовании со сваркой полых профилей из некоторых алюминиевых сплавов.

Таблица 20 (6.14.) Скорости истечения, температуры нагрева заготовки и контейнера при прессовании со сваркой полых профилей

Сплав	Усилие пресса, МН	Диаметр кон- тейнера, мм	Температура, °С		Скорость истечения, м/мин
			слитка	контейнера	
АД31	11,8	130	470-510	400-460	3-4
АМг6		122	420-400	440-460	0,7-1,2
АД31	19,6	170	450-500	450-460	3-4
АВ			430-480	410-430	3-4
АД31		225	450-500	450-460	3-7
АМг6			420-500	400-460	0,7-1,3
АД31	29,4	270	450-500	450-460	3-7
АМг6			420-500	400-460	0,7-1,2
АД31		310	450-500	450-460	3-7
АМг6			420-500	400-460	0,7-1,2
АД31	49,1	360	450-500	450-460	3-6
АМг6		360	420-500	400-460	0,7-1,2
АД31		420	450-500	450-460	3-5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
						99

Цера. примен.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Сплав</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Усилие пресса, МН</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Диаметр контейнера, мм</th> <th colspan="2" style="width: 30%;">Температура, °С</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Скорость истечения, м/мин</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">слитка</th> <th style="width: 15%;">контейнера</th> </tr> <tr> <td>АВ</td> <td>117,7</td> <td>550</td> <td>450-500</td> <td>400-420</td> <td>0,8-1,0</td> </tr> <tr> <td>АВ</td> <td>196,2</td> <td>650</td> <td>450-500</td> <td>400-420</td> <td>0,8-1,0</td> </tr> </table>					Сплав	Усилие пресса, МН	Диаметр контейнера, мм	Температура, °С		Скорость истечения, м/мин	слитка	контейнера	АВ	117,7	550	450-500	400-420	0,8-1,0	АВ	196,2	650	450-500	400-420	0,8-1,0
	Сплав	Усилие пресса, МН	Диаметр контейнера, мм	Температура, °С					Скорость истечения, м/мин																
слитка				контейнера																					
АВ	117,7	550	450-500	400-420	0,8-1,0																				
АВ	196,2	650	450-500	400-420	0,8-1,0																				
Сплав. №	<p>Повышение температуры в процессе прессования, по экспериментальным данным, составляет в среднем 50...100 °С, причем большие значения относятся к более прочным сплавам.</p> <p>Известно, что прессуемость алюминиевых сплавов сильно зависит от содержания магния и в меньшей степени – цинка. Для сплавов серии 7xxx в работе [108] были получены данные о влиянии химического состава (Si=0,10...0,13%, Fe=0,15...0,20%, Mg=0,77...1,42, Zn=3,94...5,60, Cu=0...0.29, Zr=0...0,19%) на максимальную скорость прессования, прочностные характеристики и относительное удлинение. В результате аппроксимации этих данных по методу наименьших квадратов получена зависимость максимальной скорости прессования от содержания химических элементов (содержание элементов в %):</p> $v_{\max} = 50 - 21 \cdot \text{Mg} - 1,35 \cdot \text{Zn} - 37,57 \cdot \text{Zr}. \quad (6.7)$ <p>Следует учитывать [109], что при прессовании в течение большого времени с высокой производительностью температура внутренней поверхности контейнера может повыситься настолько, что это приведет к перетеканию поверхностных слоев заготовки (с повышенным содержанием дефектов) к рабочему каналу матрицы и попаданию их в профиль. Аналогичный эффект может наблюдаться, если соотношение между температурой заготовки и стенками контейнера слишком мало.</p> <p>Увеличение скоростей истечения при прессовании легкодеформируемых сплавов вызывает повышение температуры (иногда весьма значительное) в зоне контакта прессуемого металла и инструмента. Это приводит к увеличению налипания прессуемого металла на поверхность рабочего пояска матрицы, что существенно снижает качество поверхности профилей и отрицательно влияет на их точность. Кроме того, образование налипания на калибрующем</p>																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td rowspan="3" style="width: 40%; text-align: center; vertical-align: middle;">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Лист</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Изм.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">№ докум.</td> <td style="text-align: center;">Подпись</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> <td></td> </tr> </table>										БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист						100	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист																			
						100																			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																					
Подпись и дата																									
Инв. № дубл.																									
Взам. инв. №																									
Подпись и дата																									
Инв. № подл.																									

Церк. примен.	<p>пояске матрицы оказывает тормозящее воздействие на объем металла пластической зоны, из которого выдавливается соответствующий элемент поперечного сечения профиля. Поэтому быстро истекающие части профиля утягивают заторможенную часть, и размер профиля в месте налипания уменьшается.</p> <p>Требуемая скорость прессования достигается не моментально. Всегда имеется участок ускорения на кривой зависимости скорости от времени прессования. Величина ускорения зависит от многих факторов: коэффициента вытяжки, свойств сплава, температуры заготовки и пр. Чем меньше коэффициент вытяжки и напряжение текучести при температуре прессования, тем больше значение ускорения пресс-штемпеля [3].</p> <p>Регулирование температуры профиля и воздействие, таким образом, на механические свойства, может осуществляться путем изменения скорости прессования. К основным способам такого регулирования следует отнести следующие.</p> <p>1. Уменьшение скорости прессования к концу процесса. Недостатком способа является увеличение времени прессования и снижение производительности.</p> <p>2. Прессование с повышенной скоростью при пониженной температуре нагрева заготовки. При этом необходимо прикладывать повышенное давление в начальной стадии прессования. При таком прессовании высоколегированных алюминиевых сплавов отношение температуры заготовки, давления и скорости истечения по сравнению с традиционным прессованием заготовок, нагретых до температуры высокой вязкости сплава, составляет соответственно 0,5:1, 1,5:1 и 2:1 [7].</p> <p>Автоматическое регулирование скорости пресс-штемпеля осуществляется либо по заранее составленной программе (в которую заложены результаты статистической обработки экспериментальных данных), либо путем измерения температуры профиля на выходе из пресса и соответствующего изменения скорости.</p>				
	Спроект. №				
Подпись и дата		Име. № дубл.	Взам. име. №	Подпись и дата	Име. № подл.
	Лист				

Церв. примен.	<p><i>Тянущее усилие пуллера.</i> Применение пуллера позволяет значительно улучшить геометрические характеристики выходящего из иресса профиля: устранить или снизить криволинейность, волнистость и различные отклонения формы поперечного сечения ирофиля. Растягивающие напряжения в профиле, возникающие от действия пуллера, не превышают предела текучести материала профиля.</p>													
	Справ. №	<p>Однако следует помнить, что увеличение натяжения пуллера ириводит к утонению стенки и некоторому изменению углов между стенками профиля.</p> <p>Изменение натяжения пуллера позволяет уменьшить толщину стенки на заданную величину. При этом толщина стенки изменяется по сечению профиля неравномерно. Па профилях типа уголка толщина полки у края изменяется на 15-30% меньше, чем у вершины уголка. У тонкостенных профилей типа швеллера изменение толщины полки у края в 2-3 раза меньше, чем изменение толщины стенки посередине швеллера. И, хотя речь идет о сотых долях микрометра, эти изменения необходимо учитывать при назначении ширины канала матрицы и тянущего усилия пуллера.</p>												
Подпись и дата		<p>Увеличение тянущего усилия пуллера при прессовании профилей типа уголка и швеллера ириводит к уменьшению угла между полками – их "смыканию".</p>												
	Име. № дубл.	<p>При прессовании тонкостенных труб увеличение натяжения пуллера приводит в основном к уменьшению диаметра, а не снижению толщины стенки.</p>												
Взам. име. №		<p><i>Скорость охлаждения в линии пресса.</i> На механические свойства профилей влияет температура ирофиля на выходе из пресса и скорость охлаждения. Для сплавов, термообрабатываемых путем охлаждения в линии пресса (закалка на прессе), существует определенное время – порядка нескольких минут – за которое металл должен охладиться до заданной температуры.</p>												
	Подпись и дата	<p>Прессование с закалкой на прессе производят ири более высоких температурах, чем в случаях, когда закалка осуществляется в закалочных агрегатах. В этом случае повышение температуры нагрева заготовки усиливает эффект</p>												
Име. № подл.														
	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

Лист
102

Перв. примен.	<p>закалки, что даже при сравнительно низких скоростях охлаждения (в том числе при охлаждении воздухом) позволяет получать профили с достаточно высокими механическими свойствами. Оптимальный температурный интервал прессования для сплава АД31 – 480-550°C (температура профиля на выходе из пресса), время охлаждения с 500 до 250°C при этом не должно превышать 4 минуты.</p>																													
	Справ. №	<p>В работе [110] имеются данные о значениях "критической температуры", до которой необходимо охлаждать сплавы различных типов, и времени, за которое оно должно быть произведено. Эти данные представлены в табл. 6.15.</p>																												
Подпись и дата		<p>Таблица 21 (6.15.) Рекомендуемые параметры закалки профилей в линии пресса</p>																												
	Инв. № докл.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Сплав</th> <th>AlMgSi0,5</th> <th>AlMgSi1</th> <th>AlMgSiCu</th> <th>AlZnMgCu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Температура профиля, °C</td> <td>450...550</td> <td>530...560</td> <td>440...460</td> <td>550...570</td> </tr> <tr> <td>Критическая температура, °C</td> <td>200</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Время охлаждения, с</td> <td>160...400</td> <td>25...180</td> <td>10...20</td> <td>3...5</td> </tr> <tr> <td>Скорость охлаждения, °C/с</td> <td>0,9...1,6</td> <td>3...15</td> <td>13...24</td> <td>100...150</td> </tr> </tbody> </table>					Сплав	AlMgSi0,5	AlMgSi1	AlMgSiCu	AlZnMgCu	Температура профиля, °C	450...550	530...560	440...460	550...570	Критическая температура, °C	200	150	200	100	Время охлаждения, с	160...400	25...180	10...20	3...5	Скорость охлаждения, °C/с	0,9...1,6	3...15	13...24
Сплав		AlMgSi0,5	AlMgSi1	AlMgSiCu	AlZnMgCu																									
Температура профиля, °C	450...550	530...560	440...460	550...570																										
Критическая температура, °C	200	150	200	100																										
Время охлаждения, с	160...400	25...180	10...20	3...5																										
Скорость охлаждения, °C/с	0,9...1,6	3...15	13...24	100...150																										
Взам. инв. №	<p>Эффективным направлением, с точки зрения совершенствования процесса охлаждения, является применение BICS. Основным принцип BICS (Balanced Intensive Cooling Sistem) заключается в том, что профиль охлаждается при помощи воздушных или водяных сопел, располагающихся с четырех сторон. Охлаждающий поток с каждой стороны регулируется для достижения сбалансированной скорости охлаждения по сечению профиля, даже в случае значительной асимметричности профиля. Для оптимизации процесса охлаждения и возможности воспроизводить его в будущем, режим охлаждения записывается для каждой матрицы.</p>																													
	Подпись и дата	<p>Таким образом, охлаждение профилей непосредственно на столе пресса при использовании душирующих и спрейерных (водо-воздушных) установок способствует улучшению геометрии профилей и уменьшению количества наносимых на них механических повреждений. Однако для эффективной ра-</p>																												
Инв. № подл.		<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																									
<p align="center">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>					<p align="center">Лист 103</p>																									

Перв. примен.	<p>боты этих установок, особенно при прессовании профилей со значительной толщиной элементов сечения, необходимо снижение (иногда существенное) скоростей истечения или применение охлаждающих установок достаточно большой длины.</p>																		
	<p>2.12 Влияние параметров прессования на выход годного и качество профилей</p>																		
Справ. №	<p>Исходя из условия постоянства объема, длина выходящего из пресса профиля $L_{пр}$ легко может быть рассчитана как:</p> $L_{пр} = (L_3 - h_{п.о.}) F_3 / (n F_{пр}), \quad (6.8)$ <p>где L_3 – длина заготовки; $h_{п.о.}$ – толщина пресс-остатка; F_3 и $F_{пр}$ – илощади поперечного сечения заготовки и профиля соответственно, n – число каналов матрицы.</p> <p>Однако, действительная илощадь сечения профиля перед правкой растяжением может измеяться в зависимости от следующих факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • утяжки элементов профиля в зависимости от формы сечения профиля и температуры по элементам; • упругой деформации матричного комплекта, зависящей от конструкции и материала его деталей; • физико-химических свойств материала профиля. • усилия прессования; • износа рабочего пояска матрицы; • натяжения пуллера. <p>Первые три фактора должны быть учтены еще на этапе проектирования прессового инструмента. Усилие прессования является функцией температуры и скорости прессования. Таким образом, снижая скорость либо повышая температуру, можно добиться уменьшения упругого прогиба матрицы за счет снижения усилия, но это приводит к уменьшению производительности. За износом инструмента необходимо следить в процессе его эксилуатации. Наибо-</p>																		
	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Име. № подл.</td> <td rowspan="2">Подпись и дата</td> <td rowspan="2">Взам. инв. №</td> <td rowspan="2">Име. № дубл.</td> <td rowspan="2">Подпись и дата</td> <td rowspan="2"> <div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div> </td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td>104</td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div>	Лист	104	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div>							Лист							
						104													
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата															

Перв. примен.

Справ. №

- Подпись и дата

Цив. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Церв. примен.	ства прессуемого профиля, рекомендуется применять градиентный нагрев (охлаждение) заготовки.													
	<p>Новышение скорости прессования приводит к увеличению напряжения текучести и, в результате тепловыделения, температуры. Это, в свою очередь, приводит к увеличению размера зерна – на поверхности может возникнуть дефект "апельсиновая корка". Кроме того, повышение температуры приводит к неравному выпадению интерметаллидов (Mg_2Si и др.) и, соответственно, к различному протравливанию поверхности.</p> <p>Характер течения металла при прессовании в основном определяется формой матрицы. Локальное повышение температуры металла и градиент скоростей деформации (обусловленные неправильной формой) могут привести к существенным различиям в величине зерна и появлению рисков. Дефекты, обусловленные неправильной формой матрицы, появляются, как правило, в области сварного шва на полых профилях.</p> <p>Для того, чтобы получить хорошее качество поверхности после анодирования, необходимо иметь как можно более равномерное охлаждение профиля по длине.</p> <p>Кроме того, в результате контакта с графитовыми роликами или брусками на выходе из пресса на поверхности профиля могут возникнуть так называемые "горячие иятна". Их наличие объясняется ускоренным охлаждением в области контакта во время загрузки в контейнер следующей заготовки.</p>													
Справ. №	<h3>2.13 Правка профилей растяжением</h3> <p>Правке подвергают профили для придания им необходимой продольной и поперечной геометрии, а также для улучшения их механических свойств. Основные дефекты продольной геометрии профилей после прессования и термической обработки – кривизна, саблевидность (непрямолинейность в илане) и скрутка. Дефекты поперечной геометрии – искривление полок, непараллельность отдельных элементов и искажения углов поперечного сечения профиля.</p>													
Подпись и дата														
Име. № подл.														
Взам. инв. №														
Име. № докл.														
Подпись и дата														
Церв. примен.														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> <p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div> <div> <p>Лист 106</p> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Перв. примен.	<p>Правкой растяжением устраняют незначительные искажения продольной геометрии профилей. Степень деформации при правке растяжением обычно не превышает 5%, и многими авторами рекомендуется в пределах 1-3%. Правка с большими значениями степени деформации может привести к местным утонениям стенок, а также уменьшению иластичности и, как следствие, отклонению от требований стандартов. Однако, правка даже при относительно небольших степенях деформации позволяет существенно повысить прочностные характеристики профилей.</p> <p>Для правки профилей применяют растяжные машины усилием от 0,1 до 60 МН. Усилие растяжной машины определяется площадью поперечного сечения профиля, его прочностными характеристиками, а также габаритными размерами. При растяжении профиля его концы зажимаются губками – специализированными либо унифицированными. Возможно использование специальных вставок для уменьшения смятия концов профиля при зажиме. Для обеспечения надежного захвата поверхность соприкосновения губок с профилем должна быть максимальной, причем зажим необходимо осуществлять за наиболее толстые элементы сечения профиля.</p> <p>Необходимо, чтобы температура профиля, поступающего на правку растяжением, была не более 180-200°C и как можно более равномерна по элементам сечения и по длине профиля. Это требование обеспечивается соответствующим режимом работы охлаждающих устройств и временем нахождения профиля на холодильнике.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.
	Изм.				

Перв. примен.	собствующее его схватыванию с металлом инструмента.										
	Основное назначение смазок состоит в переводе режима сухого трения в режим граничного или жидкостного. Применение смазок при прессовании профилей из алюминиевых сплавов позволяет существенно снизить неравномерность деформации и вызываемые ею остаточные напряжения в пресс-изделии, а также уменьшить энергозатраты при прессовании, предупредить образование крупнокристаллического пояска.										
Справ. №	Смазки, применяемые при прессовании, должны удовлетворять следующим требованиям: выдерживать высокие давления и удерживаться на контактных поверхностях, то есть обладать необходимой вязкостью и содержать поверхностно-активные вещества; иметь высокие антифрикционные свойства, легко наноситься на заготовку до начала прессования и удаляться с поверхности пресс-изделия; не вступать в химические реакции с деформируемым металлом и инструментом и не вызывать их коррозии; не быть токсичными и дорогими. Смазки, которые удовлетворяли бы всем требованиям, отсутствуют.										
	При прессовании алюминиевых сплавов нанесение смазок на боковую поверхность заготовки может привести к ухудшению качества поверхности пресс-изделий вследствие образования пузырей, плен и запрессовки продуктов сгорания смазки.										
Подпись и дата	Однако, авторы рекомендуют наносить смазки на поверхности:										
	<ul style="list-style-type: none">• удерживаемой пресс-шайбы (головки пресс-штемпеля);• кольца матрицы;• кольца контейнера;• ножа, отрезающего пресс-остаток;• ножей резки заготовок;• горячей пилы.										
Инв. № докл.	В Таблица 22 (6.16) представлены основные преимущества и недостатки применения различного типа смазок.										
	Таблица 22 (6.16.) Особенности применения различных смазок										
Взам. инв. №	<table><tr><th>Вид смазки</th><th>Преимущества</th><th>Недостатки</th></tr><tr><td>каустическая</td><td>хорошее удерживание на горячей</td><td>не соответствует требованиям по</td></tr></table>					Вид смазки	Преимущества	Недостатки	каустическая	хорошее удерживание на горячей	не соответствует требованиям по
	Вид смазки	Преимущества	Недостатки								
каустическая	хорошее удерживание на горячей	не соответствует требованиям по									
Подпись и дата											
Инв. № подл.											
<table><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td></tr></table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ											
Лист 108											

Перв. примен.	<p>Смазку торцевой поверхности пресс-шайбы рекомендуется производить перед прессованием каждой заготовки – часто используется нанесение сажи с помощью горелки. Кольцо матрицы, контейнера, механизм удаления пресс-остатка и ножницы горячей резки заготовок рекомендуют смазывать через несколько заготовок. При смазке пилы горячей резки в линии пресса важно использовать некрасящие и негорючие жидкости.</p>				
	Справ. №	<p>Интенсивное налипание на инструмент при прессовании силавов высокой прочности может привести к серьезному ухудшению качества профиля. Для того, чтобы минимизировать эту проблему, рекомендуется [3]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать блок очистки контейнера через каждые 15-20 заготовок либо при каждом изменении силава; • использовать скальпированную или обточенную заготовку; • устанавливать соответствующую разницу температур между заготовкой и контейнером. 			
Подпись и дата		<p>Блок очистки контейнера представляет собой цилиндр с проточкой, присоединяющийся к пресс-штемелю. Очистка происходит путем срезания слоя материала (в основном окислов) с поверхности втулки контейнера при перемещении пресс-штемеля в направлении прессования. Зазор в горячем состоянии между блоком и втулкой контейнера составляет 0,12-0,15 мм на сторону.</p>			
	<h2>2.15 Режимы термической обработки</h2>				
Инв. № докл.	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	<p>Термическая обработка слитков и профилей из алюминиевых сплавов позволяет получить широкий диапазон механических свойств пресс-изделий. К термообработке, в широком понимании этого слова, относятся все регулируемые операции нагрева и охлаждения, производимые с металлом или сплавом, находящимся в твердом состоянии, с целью изменения его структуры или свойств. Хотя на свойства профилей из деформируемых алюминиевых сплавов значительное влияние оказывает весь цикл термических операций, включая нагрев заготовки перед горячей деформацией, наибольшее значение имеет окончательная термообработка.</p>	
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ
					Лист 110

Перв. примен.		Справ. №		<p>За исключением тех видов обработки, которые применяются для устранения наклепа или снижения внутренних напряжений, термическая обработка меняет характер распределения растворимых легирующих элементов. В алюминии и его сплавах отсутствует аллотропическое бездиффузионное превращение мартенситного типа, которое является основным при термообработке стали. Однако в результате различной степени отклонения сплавов от термодинамически равновесного состояния при комнатной температуре сопротивление деформации некоторых термически упрочняемых сплавов может меняться в пять-шесть раз. Равновесная структура промышленных алюминиевых сплавов, суммарное содержание легирующих компонентов в которых, за редким исключением, не превышает 15–18 %, представляет собой твердый раствор с низким содержанием легирующих компонентов (десятые доли процента) с включениями интерметаллидных фаз Al_2Cu, Al_2CuMg, $MgZn_2$, Mg_2Si и т.д. При таком фазовом составе сплавы, как правило, обладают низкой прочностью и очень высокой пластичностью. Самой неустойчивой при комнатной температуре структурой в алюминиевых сплавах, имеющих фазовые превращения в твердом состоянии (термически упрочняемых сплавах), является пересыщенный твердый раствор легирующих компонентов в алюминии, концентрация которых может в десятки раз превышать равновесную. При такой структуре алюминиевые сплавы пластичны, но значительно прочнее, чем в равновесном состоянии [1].</p> <p>При прессовании алюминиевых сплавов широкое распространение получили три основных вида термообработки: отжиг, закалка и старение.</p> <p>Операция <i>отжига</i> слитков или деформированных полуфабрикатов применяется тогда, когда возникшее по тем или иным причинам неравновесное состояние сплава приводит к возникновению нежелательных свойств, например, к пониженной пластичности. Различают три вида отжига – гомогенизацию, рекристаллизационный и дорекристаллизационный (после обработки давлением), гетерогенизационный отжиг.</p>												
Подпись и дата		Име. № докл.		Взам. инв. №		Подпись и дата		Име. № подл.								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> </div> <div> <p>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div> <div> <p>Лист 111</p> </div> </div>							Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата												

Перв. примен.	<p><i>Рекристаллизационный отжиг</i> наиболее распространен в качестве промежуточной термообработки между операциями холодной деформации или между горячей и холодной деформацией, поскольку устраняет неравновесное состояние, вызванное холодной пластической деформацией. В ряде случаев рекристаллизационный отжиг используют и в качестве окончательной термической обработки деформированных полуфабрикатов, когда необходимо иметь сочетание низкой или умеренной прочности с высокими характеристиками иластичности. Температура начала рекристаллизации некоторых алюминиевых сплавов приведена в Таблица 23 (6.17.)</p>																																			
	<p>Таблица 23 (6.17.) Температура начала рекристаллизации некоторых алюминиевых сплавов</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 25%;">Сплав</th> <th style="width: 25%;">Температура, С</th> <th style="width: 25%;">Сплав</th> <th style="width: 25%;">Температура, С</th> </tr> <tr> <td>АД-1</td> <td>250</td> <td>Д18</td> <td>265</td> </tr> <tr> <td>Al - 4% Cu</td> <td>260</td> <td>АК6</td> <td>265</td> </tr> <tr> <td>Al - 1% Sn</td> <td>240</td> <td>АК8</td> <td>265</td> </tr> <tr> <td>Al - 0,4% Ti</td> <td>250</td> <td>АК4</td> <td>280</td> </tr> <tr> <td>АД-31</td> <td>280</td> <td>В95</td> <td>245</td> </tr> <tr> <td>В65</td> <td>245</td> <td>В96</td> <td>220</td> </tr> <tr> <td>АК4-1</td> <td>275</td> <td>Д16</td> <td>240</td> </tr> </table>					Сплав	Температура, С	Сплав	Температура, С	АД-1	250	Д18	265	Al - 4% Cu	260	АК6	265	Al - 1% Sn	240	АК8	265	Al - 0,4% Ti	250	АК4	280	АД-31	280	В95	245	В65	245	В96	220	АК4-1	275	Д16
Сплав	Температура, С	Сплав	Температура, С																																	
АД-1	250	Д18	265																																	
Al - 4% Cu	260	АК6	265																																	
Al - 1% Sn	240	АК8	265																																	
Al - 0,4% Ti	250	АК4	280																																	
АД-31	280	В95	245																																	
В65	245	В96	220																																	
АК4-1	275	Д16	240																																	
Исправ. №	<p><i>Гетерогенизационный отжиг</i> применяют с целью разупрочнения термически упрочненных полуфабрикатов. Он необходим в тех случаях, когда полуфабрикаты, упрочненные закалкой и старением, требуется разупрочнить. После упрочняющей термообработки основной структурной составляющей алюминиевых сплавов является пересыщенный твердый раствор легирующих элементов в алюминии с выделениями дисперсных частиц интерметаллидов. Отжиг должен обеспечивать полный распад твердого раствора и получение при комнатной температуре фазового состояния, близкого к равновесному. Температура гетерогенизационного отжига для промышленных алюминиевых сплавов в большинстве случаев находится в диапазоне 350–420 °С.</p>																																			
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <table border="1" style="width: 40%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подпись</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <div style="width: 55%; text-align: right; padding-right: 10px;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																										
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																																

Закалка – первый этап термического упрочнения алюминиевых сплавов, заключающийся в растворении упорядоченных фаз нагревом и фиксировании твердого раствора путем резкого охлаждения. Цель закалки - получение в сплаве предельно неравновесного фазового состояния (пересыщенный твердый раствор с максимальным содержанием легирующих элементов). Такое состояние приводит к непосредственному повышению (по сравнению с отожженным состоянием) твердости и прочности. Кроме того, имеется возможность для дальнейшего упрочнения при последующем старении (табл. 6.18).

Таблица 24 (6.18). Режимы термической обработки и типичные механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов [113]

Марка сплава	Отжиг		Закалка		Старение		Твердость по Бринеллю
	Температура нагрева, °С	Охлаждающая среда	Температура нагрева, °С	Охлаждающая среда	Температура нагрева, °С	Время выдержки	
АМц	350 - 410	Воздух или вода	Не применяется				30
АМг	350 - 410	То же	То же				45
АМг5п	340 - 370	Воздух	« «				70
Д1	340 - 370	То же	-	-	-	-	45
	-	-	495 - 510	Вода	15 - 20	4 суток	100
Д6	340 - 370	Воздух	-	-	-	-	50
	-	-	497 - 503	Вода	15 - 20	4 суток	105
Д16	340 - 370	Воздух	-	-	-	-	42
	-	-	495 - 505	Вода	15 - 20	4 суток	105
ДЗП	340 - 370	Воздух	-	-	-	-	45
	-	-	490 - 500	Вода	15 - 20	4 суток	80
Д18П	340 - 370	Воздух	-	-	-	-	38
	-	-	490 - 505	Вода	15 - 20	4 суток	70
АВ	340 - 370	Воздух	-	-	-	-	30
(авиаль)	-	-	515 - 530	Вода	150 - 160	6 час.	95

Перв. примен.	Марка сплава	Отжиг		Закалка		Старение		Твер- дость по Брине- лю
		Темпера- тура нагрева, °C	Охла- ждаю- щая сре- да	Темпера- тура нагрева, °C	Охлажда- ющая среда	Темпера- тура нагрева, °C	Время вы- держки	
Справ. №	АК	Не подвергается						
	АК2	350 - 460 -	Воздух -	- 510 - 520	- Вода	- 165 - 175	- 15 - 18 час.	- 100
	АК4	350 - 460 -	Воздух -	- 525 - 540	- Вода	- 165 - 175	- 15 - 18 час.	- 110
	АК6	350 - 460 -	Воздух -	- 505 - 515	- Вода	- 150 - 160	- 12 - 15 час.	- 105
	АК8	350 - 460 -	Воздух -	- 495 - 505	- Вода	- 175 - 185	- 5 - 8 час.	- 130
	АК9			520 - 535	Вода	130 - 160	5 час.	115
	В95	420 - 440 -	Воздух -	- 465 - 475	- Вода	- 120 - 125	- 24 час.	- 150

Закалка возможна только для алюминиевых сплавов, содержащих компоненты, растворимость которых в твердом алюминии возрастает с температурой (Cu, Mn, Si, Zn, Li), причем в количествах, превышающих растворимость при комнатной температуре.

Закалка алюминиевых сплавов заключается в нагреве их до температуры, при которой легирующие компоненты, находящиеся в интерметаллидных фазах, полностью или частично растворяются в алюминии, выдержке при этой температуре и быстром охлаждении до низкой температуры (10...20°C). В результате такой обработки структура, свойственная температуре нагрева, может быть получена при комнатной температуре, так как при быстром охлаждении распад твердого раствора (выделение интерметаллидных фаз) не успевает происходить. Содержание легпругих компонентов в алюминиевом твердом растворе после закалки значительно превышает их предельную равновесную

Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.										
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ </div> <div> <div>Лист</div> <div>114</div> </div> </div>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Справа. №	Церв. примен.	<p>концентрацию при комнатной температуре, т.е. при комнатной температуре твердый раствор пересыщен (и, как правило, в очень сильной степени).</p> <p>Максимальная прочность и сопротивление коррозии, которые могут быть получены в результате закалки, зависят от следующих факторов [П13]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • химического состава сплава; • температуры нагрева под закалку; • времени нагрева; • скорости закалки. <p>Температура нагрева под закалку должна обеспечить как можно более полное растворение интерметаллидных фаз в алюминии. Если содержание легирующих компонентов в сплавах не превышает их предельной растворимости при эвтектической температуре, то легирующие компоненты практически полностью могут быть растворены при нагреве до нее под закалку. Если содержание легирующих компонентов превышает предельную растворимость (в структуре сплава в равновесных условиях имеются включения эвтектических или первичных кристаллов интерметаллидных фаз), то полное растворение интерметаллидных фаз невозможно. В этом случае, ориентиром для выбора температуры нагрева под закалку служит температура солидуса (как правило, температура плавления наиболее легкоплавкой эвтектики); нагрев проводят до температуры на 5...15 °C ниже солидуса.</p> <p>Номинальная температура обработки на твердый раствор определяется химическим составом и допусками на случайные отклонения температуры. Хотя обычно применяемый интервал отклонения температуры составляет ±6°C от номинальной, некоторые высоколегированные, с контролируемой вязкостью, высокопрочные сплавы требуют, чтобы температура выдерживалась в более узких пределах. Более широкие пределы могут устанавливаться для сплавов с широким интервалом между температурой солидуса и эвтектической температурой.</p> <p>Охлаждение при закалке следует проводить с такой скоростью, которая обеспечит отсутствие распада твердого раствора в процессе охлаждения. Эта скорость должна быть больше некоторой определенной для каждого сплава</p>
												БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ

критической скорости охлаждения $v_{кр}$, которая определяется как наименьшая скорость охлаждения сплава, при которой распад твердого раствора в процессе охлаждения еще не происходит.

Значения критических скоростей охлаждения для различных сплавов могут быть приблизительно (с достаточной точностью для практики) определены по диаграммам изотермического распада переохлажденного твердого раствора – так называемым С-кривым. На рис. 6.1 приведена такая диаграмма для одного из наиболее распространенных в промышленности алюминиевого сплава системы Al–Mg–Si АД31. Критическую скорость охлаждения при закалке определяют по тангенсу угла наклона касательной к С-кривой начала распада переохлажденного твердого раствора. Касательную проводят из точки, соответствующей температуре нагрева под закалку конкретного сплава.

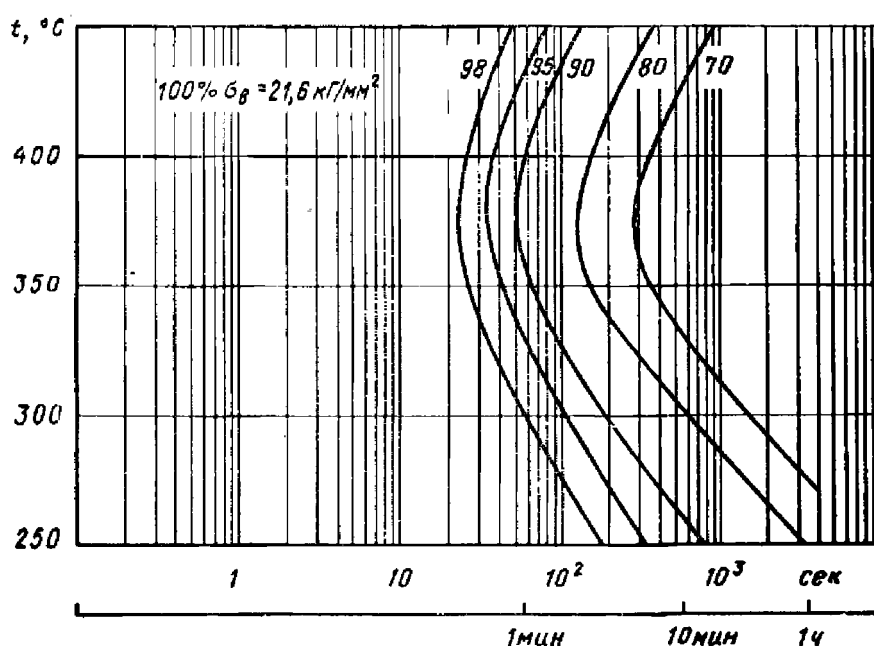


Рисунок 27 (6.1.) Диаграмма изотермического распада раствора в сплаве АД31 (0,90% Mg; 0,70% Si) [114]

Более подробную информацию по диаграммам изотермического распада раствора в алюминиевых сплавах можно получить из источника [114].

В промышленности большинство алюминиевых сплавов при закалке охлаждают в воде (как правило, в холодной, иногда в подогретой). Скорость

Перв. примеч.

Число, №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.	<p>ных, например, при повышенной температуре. Естественное старение – изменение свойств при воздействии на материал нормальных факторов среды: комнатной температуры, атмосферного давления и т.д. Старение алюминиевых сплавов характеризуется повышением со временем прочностных и понижением пластических свойств [115].</p> <p>Большинство сплавов обнаруживает изменение свойств после закалки в процессе естественного старения. Оно происходит сразу после закалки или после некоторого инкубационного периода. Скорость старения меняется в широких пределах, так что для приближения к стабильному состоянию одних сплавов может потребоваться лишь несколько дней, а других - несколько лет.</p> <p>Сплавы, в которых при комнатной температуре процесс распада происходит медленно, для достижения высоких прочностных характеристик подвергают искусственному старению. В некоторых случаях значительное дополнительное увеличение прочности может быть получено в результате определенной холодной деформации после закалки. Часть прироста прочности, достигнутого таким путем, обусловлена наклепом, однако в сильной степени возрастает эффект старения.</p> <p>Повышение прочности естественно стареющих сплавов продолжается при комнатной температуре бесконечно, хотя скорость процесса может быть очень небольшой по истечении нескольких месяцев или лет. Старение при повышенных температурах характеризуется образованием максимума на кривых изменения прочности и твердости. Разупрочнение, происходящее в процессе продолжительного старения при повышенных температурах, называют “перестариванием”. Оно происходит вследствие изменений типа и размера выпадающих частиц и уменьшения концентрации твердого раствора.</p> <p>Ниже перечислены некоторые особенности изменения прочностных свойств при старении:</p> <ul style="list-style-type: none"> • упрочнение может быть сильно замедлено или подавлено при снижении температуры; • скорости упрочнения и последующего разупрочнения увеличиваются с повышением температуры; • максимальная прочность обычно снижается при увеличении температуры 				
	Список №				
Подпись и дата		Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.
	Изм.				

Перв. примен.	<p>старения;</p> <ul style="list-style-type: none"> • при достаточно высоких температурах никакого упрочнения не наблюдается; процесс выделения приводит лишь к разупрочнению. <p>При выборе промышленных режимов предпочтение отдают температурам, обеспечивающим растянутый максимум на кривой старения.</p> <p>В большинстве стареющих систем имеет место сложная последовательность структурных изменений, зависящих от времени и температуры. При относительно низких температурах и в начальный период искусственного старения происходит, в основном, перераспределение атомов растворенного вещества в решетке твердого раствора с образованием скоплений или зон (зоны Гинье - Престона). Это вызывает искажение решетки как внутри зон, так и в матрице на расстоянии нескольких атомных слоев. С увеличением числа (плотности) зон степень искажения решетки возрастает, что затрудняет движение дислокаций и вызывает упрочнение.</p> <p>При повышении температуры или времени старения зоны трансформируются или заменяются частицами промежуточных фаз с кристаллической структурой, отличной от структуры твердого раствора и от структуры равновесных фаз. В большинстве сплавов они имеют особую кристаллографическую связь с твердым раствором, так что фаза и матрица когерентны по определенным плоскостям за счет локальной упругой деформации матрицы. Упрочнение связано с торможением движения дислокаций, обусловленным искажениями решетки и наличием частиц.</p> <p>Развитие процесса старения вызывает рост частиц переходной фазы, сопровождаемый увеличением упругой деформации до тех пор, пока прочность связи на поверхностях раздела не будет превзойдена и когерентность не исчезнет. Часто это совпадает с изменением структуры выделений от переходной к равновесной.</p> <p>С потерей когерентности эффект упрочнения значительно ослабляется. Дальнейшее снижение прочности происходит с ростом частиц равновесной фазы.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.
	Изм.				

Пере. приме.	<p>Полагают [115], что диффузия в твердых растворах замещения, так же как и самодиффузия, происходит в основном по вакансионному механизму. Вакансии играют особенно важную роль при образовании зон Гинье - Престона. Для обеспечения высокой скорости этого процесса при сравнительно низких температурах было необходимо предположить, что скорость диффузии на несколько порядков превышает величину, найденную при экстраполяции данных, полученных при более высоких температурах.</p>																	
	Справ. №	<p>Повышенная подвижность растворенного вещества при низких температурах, объясняющая высокие скорости образования зон, была истолкована с помощью вакансионного механизма диффузии, возможного благодаря сохранению неравновесной концентрации вакансий при низкой температуре. Кроме этой основной роли вакансий, имеют значение некоторые специфические взаимодействия между вакансиями и атомами растворенных веществ, воздействующие на кинетику старения и объясняющие влияние примесных элементов.</p>																
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	<p>Образование зон происходит гомогенно. Исследования показывают, что для этого необходима критическая концентрация вакансий. Зародыш представляет собой скопление вакансий и атомов растворенного вещества. Эта модель согласуется с результатами исследования влияния температуры и скорости закалки.</p>												
	<p>На образование зародышей новой фазы сильно влияют несовершенства матрицы. Границы зерен и субзерен, дислокации и межфазные границы являются местами предпочтительного образования зародышей. Существенно, что в образцах, закаленных с низкой скоростью охлаждения, по границам зерен появляются частицы метастабильных или даже стабильных фаз. Высокая скорость закалки создает условия для более однородного выделения. Число упрочняющих частиц при этом максимальное, что и вызывает эффективное упрочнение.</p>																	
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Инв. № подл.	<p>Преимущественное образование выделений на границах зерен в процессе закалки или последующего искусственного старения особенно влияет на</p>												
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td rowspan="2">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>120</td> </tr> </table>						Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист												
						120												

Перв. примен.	<p>коррозионную стойкость и стойкость к коррозии под напряжением. Этот процесс часто сопровождается возникновением прилежащих к границам тонких слоев, без выделений. Явление связано с недостатком зародышей, вызванным миграцией вакансий и дислокаций к границам, которые служат стоками для таких дефектов. Наличие разницы электрохимических потенциалов пограничных выделений зоны, свободной от выделений, и матрицы в зерне является одной из основных причин межкристаллитной коррозии под напряжением.</p>													
	Справ. №	<p>Исследования структуры с помощью трансмиссионной электронной микроскопии показали, что дислокации, образованные при конденсации вакансий и в результате пластической деформации, также являются местами преимущественного образования зародышей выделений. Плотность дислокаций, различная при разных скоростях закалки, и степень пересыщения вакансиями и растворенным веществом являются важными факторами, определяющими влияние на упрочнение скорости охлаждения. Образование дислокаций при холодной деформации после закалки ускоряет старение некоторых сплавов и повышает прочность. В других сплавах влияние холодной деформации незначительно или вредно.</p>												
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	<p>Заметное упрочнение сплавов системы алюминий - магний - кремний происходит после длительного естественного старения. Возможно, что оно вызвано образованием зон, хотя последние достоверно не обнаружены. Кратковременное старение при температурах до 200°C вызывает появление эффектов дифракции рентгеновских лучей электронов, указывающих на присутствие мелких иглообразных зон, ориентированных в направлении $\langle 001 \rangle$ матрицы. Электронно-микроскопическое исследование обнаружило, что их диаметр примерно 60 Å, а длина от 200 до 1000 Å. Более позднее исследование показало, что первоначально зоны имеют сферическую форму и превращаются в иглообразные вблизи максимума прочности на кривой старения. Дальнейшее старение вызывает явный трехмерный рост зон до стержневидных частиц со структурой упорядоченной фазы Mg_2Si. При более высоких температурах эта</p>								
	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										

Перв. примен.	<p>переходная фаза, обозначаемая β', претерпевает бездиффузионное превращение в равновесное соединение Mg_2Si.</p> <p>Ни на стадии образования зон, ни на стадии образования переходной фазы когерентные напряжения не обнаружены. Увеличивающееся сопротивление движению дислокаций, сопровождающее возникновение этих структур, как полагают, является результатом возрастания энергии, необходимой для разрушения связей между атомами магния и кремния в зонах при прохождении через них дислокаций. В сплавах с избытком кремния по сравнению с соотношением Mg_2Si кремний выделяется по границам зерен на ранних стадиях старения. Обычная последовательность выделений может быть представлена следующим образом:</p> $\alpha \rightarrow ГП \rightarrow \beta'(Mg_2Si) \rightarrow \beta(Mg_2Si).$ <p>Влияние процесса выделения на механические свойства сильно ускоряется и обычно усиливается при нагреве закаленного сплава до 93 - 204° С. Это связано с изменением не только скорости, но и структурных характеристик процесса. Характерной особенностью старения при повышенной температуре является тот факт, что повышение предела текучести выражено более резко, чем повышение предела прочности, а иластичность (относительное удлинение) уменьшается. Таким образом, сплав в искусственно состаренном состоянии имеет более высокую прочность, но меньшую пластичность, чем в естественно состаренном состоянии. Перестаривание приводит к уменьшению как предела прочности, так и предела текучести. Пластичность обычно не восстанавливается соответственно снижению прочности, поэтому считают, что комбинация этих свойств после перестаривания уступает свойствам в искусственно состаренном состоянии или при недостаривании. Однако, если прочностные свойства не являются определяющими, материал в ряде случаев применяют в перестаренном состоянии в целях обеспечения большей стойкости к коррозии под напряжением или улучшенной размерной стабильности для эксплуатации при повышенных температурах.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.
	Изм.				

Имя, фамилия	<p>Старение при комнатной температуре не сопровождается заметными изменениями микроструктуры, так как упрочнение связано только с образованием зоп. В сплаве 2024 наибольшее упрочнение происходит через один день при комнатной температуре; механические свойства стабилизируются через 4 дня. Сплав широко применяется в естественно состаренном состоянии. Сплав АД31 стареет медленнее. Он может применяться в состоянии Т4, но чаще подвергается искусственному старению. В сплаве 7075 старение при комнатной температуре протекает неопределенно долго. Поскольку непосредственно после закалки сплавы более пластичны, чем после старения, операции правки и формообразования легко выполняются в свежезакаленном состоянии.</p> <p>Прочность естественно состаренных сплавов (например, 2011, 2014, 2219) может быть увеличена нагартовкой при степени деформации 1–6%.</p> <p>Электро- и теплопроводность большинства термически упрочняемых сплавов уменьшаются с развитием естественного старения. Это составляет резкий контраст со старением при повышенных температурах. Поскольку снижение концентрации твердого раствора обычно увеличивает электро- и теплопроводность, то наблюдаемое в данном случае явление рассматривается как важное доказательство того, что естественное старение представляет собой процесс образования зоп, а не выделение в чистом виде. Пониженная проводимость была отнесена за счет ухудшения совершенства решетки.</p> <p>Используется три основных системы обозначений вида термообработки (состояний): согласно ГОСТ 8617-81, ДСТУ Б В.2.6-3-95 (ГОСТ 22233-93) и международная система, введенная Алюминиевой Ассоциацией (АА) и принятая Американской ассоциацией стандартов. В таблице 6.20 приведены обозначения видов обработки (состояния) из соответствующих источников.</p>					
	Справ. №					
Подпись и дата						
	Имя, № дубл.					
Взам. имя, №						
	Подпись и дата					
Имя, № поим.						
	<h3>2.16 Система управления качеством профилей</h3> <p>Качество – это ключевой фактор, определяющий конкурентоспособность продукции. Эффективные программы улучшения качества могут обеспечить</p>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист 123

Целевые показатели	существенное расширение рынка сбыта, увеличение производительности и снижение производственных затрат, поэтому в последнее время им уделяется все большее внимания.
	<p>Качество пресс-изделия полностью зависит от управления параметрами производственного процесса. Принципиально, что система управления качеством должна быть полной, то есть охватывать весь производственный цикл от литья заготовки до термической обработки (рис. 6.13) [3].</p> <p>Главными параметрами системы управления качеством являются характеристики заготовки и матрицы, настройка и технологические параметры работы пресса, растяжной машины, пилы, а также термическая и поверхностная обработка профилей.</p> <p>Технологические схемы производства профилей из мягких (низкой и средней прочности) и твердых (высокой прочности) сплавов имеют определенные отличия. На рис. 6.14, а показана принципиальная схема процесса изготовления пресс-изделий из мягких сплавов, а на рис. 6.14, б и в - из сплавов высокой прочности.</p> <p>Система управления качеством подразумевает контроль определенной группы параметров на каждом этапе технологического процесса. Отображать контролируемые параметры целесообразней всего в табличной форме, которая получила название контрольного листа.</p> <p>В контрольном листе при выплавке сплава и разливке заготовок для каждой плавки (дата, номер плавки, сплав, смес) указывают следующие параметры.</p> <p>Шихта:</p> <ul style="list-style-type: none"> • чистый алюминий; • легирующие элементы; • лом; • общая масса. <p>Плавильная печь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • расход топлива; • время плавления; • температура; • образование шлака;
Сигнатура	

Подпись и дата	
Имя, № докум.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Имя, № докум.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
						124

Печь, шихлы.	<ul style="list-style-type: none"> химический состав расплава. Печь – миксер:				
	<ul style="list-style-type: none"> способ флюсования; содержание водорода; рафинирующие добавки; температура. Разливочный пролет:				
Слив. №	<ul style="list-style-type: none"> устройство управления; расход охлаждающей воды; скорость литья; температура воды; качество воды; температура разливки; время литья. Гомогенизация:				
	<ul style="list-style-type: none"> температура; время; скорость охлаждения. Порезка и упаковка:				
Подпись и дата	<ul style="list-style-type: none"> клеймо номера плавки; длина заготовки; качество поверхности; отходы порезки; выход продукта, %; масса столбов. 				
	<p>Рассмотрим подробнее собственно процесс прессования. В табл. 6.21 приведен пример контрольного листа процесса прессования. Значимость различных параметров процесса прессования, приведенных в табл. 6.21, различна, однако, число этих параметров может быть еще увеличено для улучшения управления процессом и лучшей его воспроизводимости. Типичная блок-схема управления процессом прессования (собственно работы пресса), обеспечивающая оптимальное качество пресс-изделий, приведена на рис. 6.15. Набор контролируемых операций, естественно, может быть различным в зависимости от специфики производства и типа сплава.</p>				
Лист № подл.					Лист
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ					125
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Инв. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подпись и дата				Справ. №		Перв. примен.	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ										
					Лист	126									

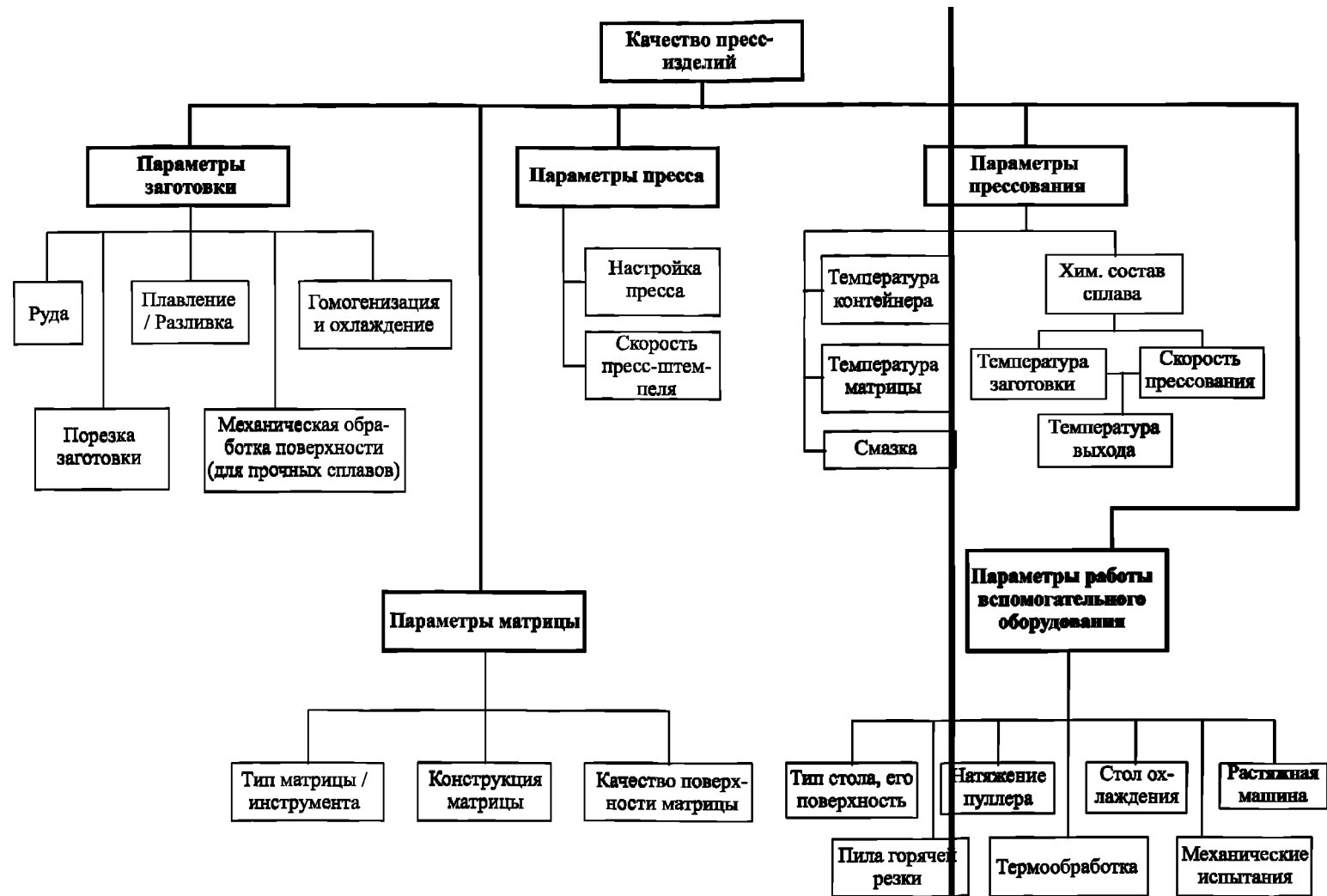
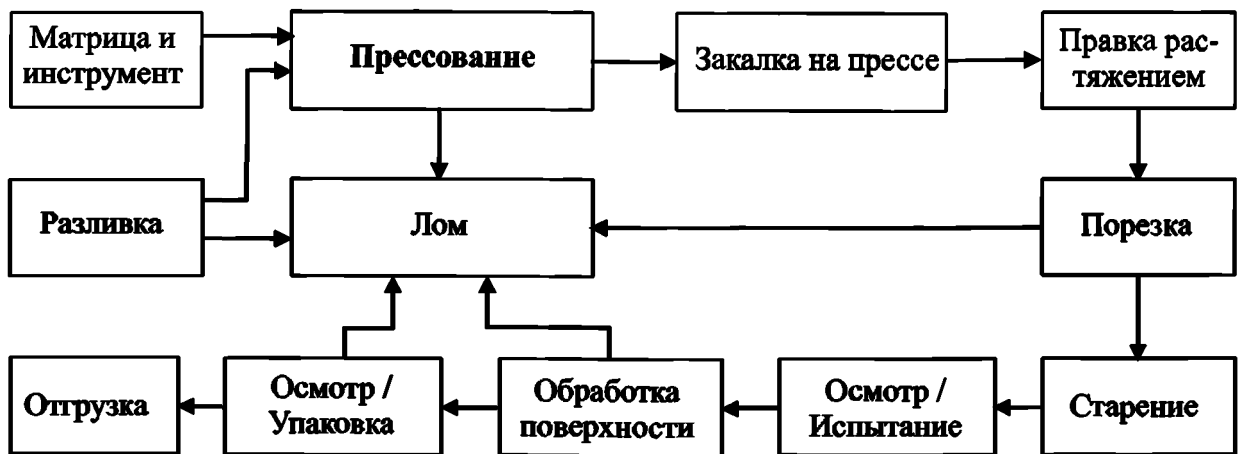
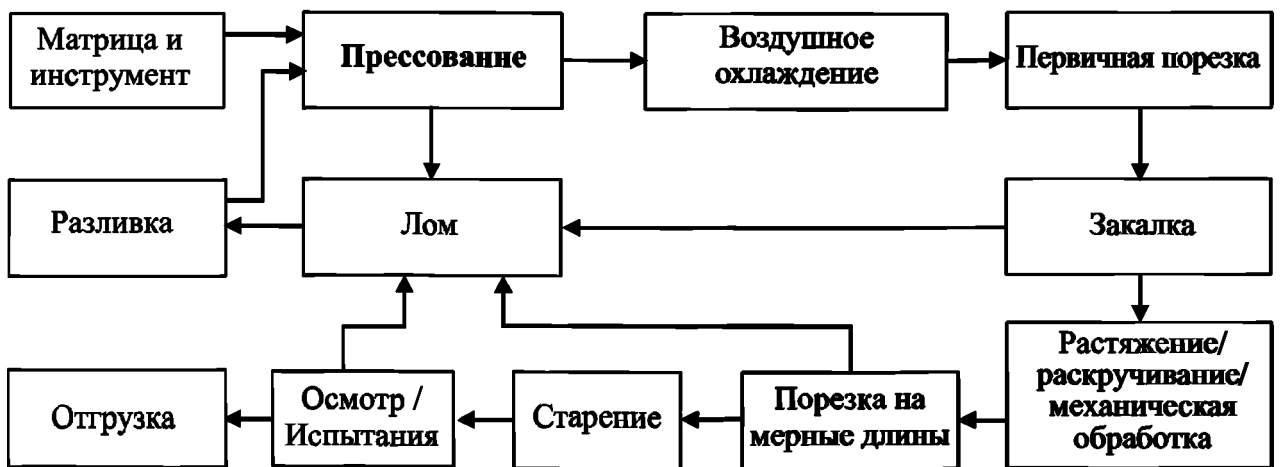


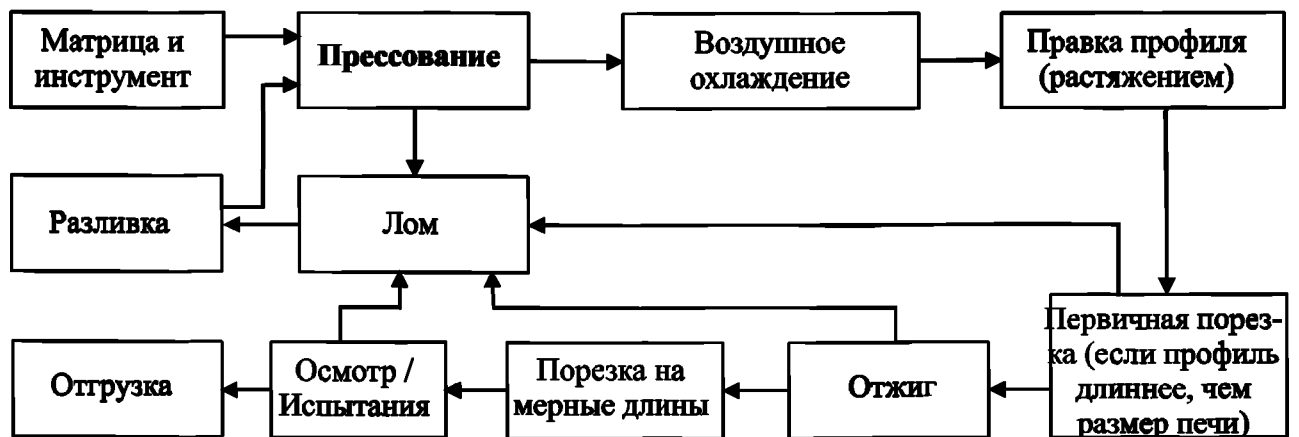
Рисунок 28 (6.2.) Общая схема управления качеством профилей



a

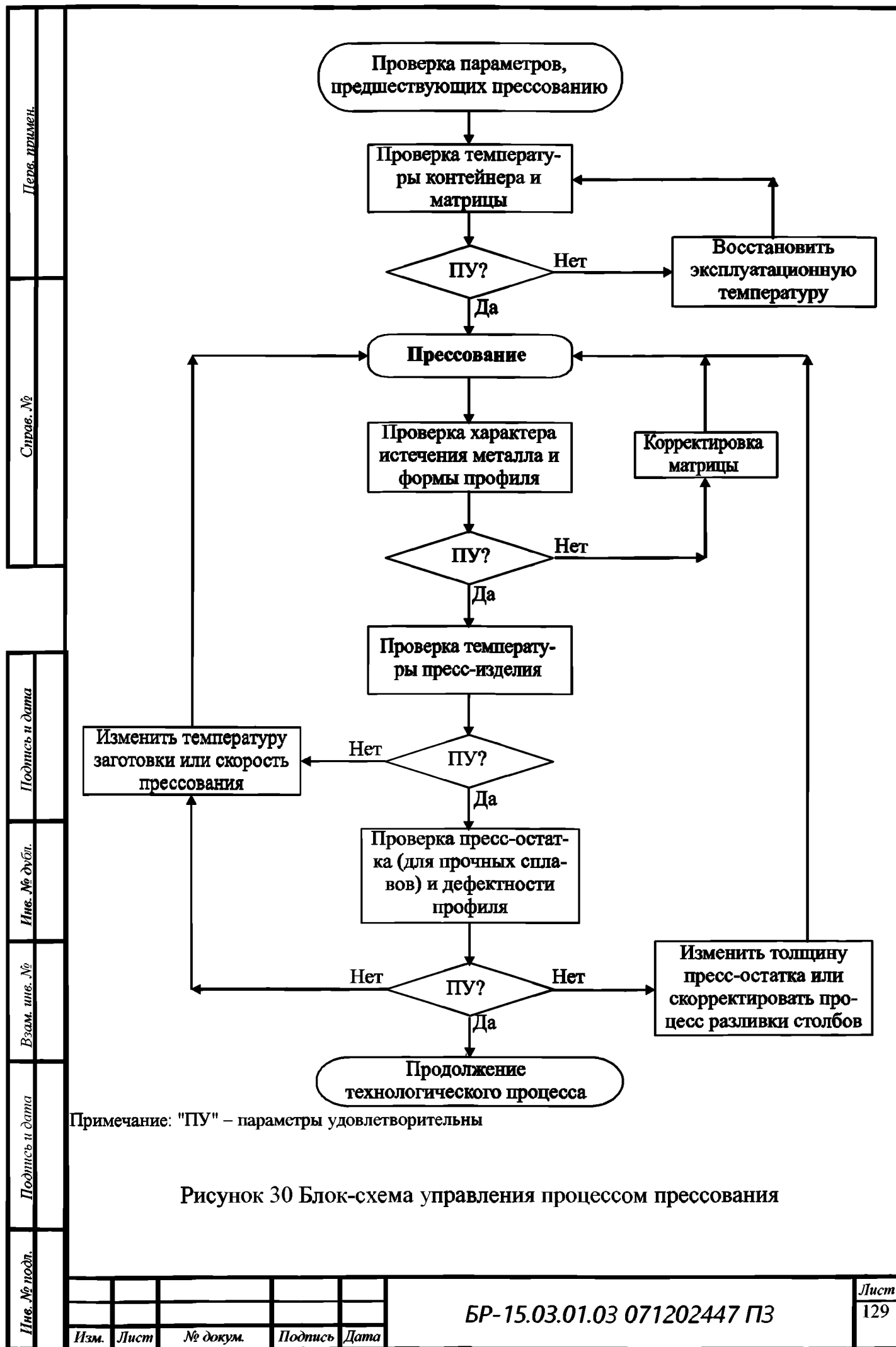


б



в

Рисунок 29 (6.3.) Схема процесса изготовления пресс-изделий из сплавов низкой и средней (*a*), а также высокой (*б* и *в*) прочности



Перв. примен.	Таблица 26 (6.21.) Типичный контрольный лист процесса прессования													
	Мощность пресса: Средство для очистки контейнера: Да / Нет Дата:													
Справ. №	Оператор пресса: Охлаждение азотом: Вкл./Выкл. Смена:													
	Параметры	Характеристика матрицы (№ и тип)												
		1	2	3	4									
	Пресс и вспомогательное оборудование													
	Температура контейнера (заданная / действительная)													
	Температура матрицы													
	Скорость выходного стола													
Подпись и дата	Закалка на воздухе/ водовоздушная													
	Скорость пуллера													
	Тянущее усилие пуллера													
	Прессование													
	Количество каналов / вытяжка													
	Номер плавки													
Инв. № дубл.	Длина заготовки													
	Номер прессуемого профиля													
	Температура заготовки (начальная / установившаяся)													
	Давление прессования (начальное / установившееся)													
Взам. инв. №	Давление отрезания пресс-остатка													
	Скорость пресс-штемпеля													
	Толщина пресс-остатка													
	Длина профиля (расчетная / действительная)													
Подпись и дата	Время прессования													
	Скорость прессования													
	Температура выхода													
	В начале цикла													
Инв. № подл.	В середине цикла													
	В конце цикла													
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ														
Лист 130														

Перв. примен.	<p>Одним из наиболее важных факторов, обеспечивающих качество даже для самых простых профилей, является конструкция матрицы. Необходимое звено в системе управления качеством составляет паспорт матрицы. В нем отражаются: мощность прессы, номер профиля, тип и габаритные размеры матрицы, размер контейнера, номер матрицы, ее изготовитель, количество каналов, размеры или поперек подкладки и опорного кольца (больстера). Кроме того, для каждого прессования отмечается дата, количество заготовок, марка прессуемого сплава, температура и длина заготовки, температура матрицы, скорость прессования, масса погонного метра, наличие азотирования, фамилия корректировщика и прочее. В примечаниях записываются проводимые корректировки. На чертеже профиля корректировщик отмечает внесенные в конструкцию матрицы изменения.</p>				
<div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>	<p>На рис. 6.16 показана блок-схема контроля матрицы. Поскольку процесс прессования характеризуется многими параметрами, необходимо выдерживать близкую взаимосвязь между режимом прессования, в расчете на который была спроектирована матрица, режимом опрессовки и режимами, при которых будет эксплуатироваться матрица. Кроме того, может быть выполнен ряд экспериментов с учетом контрольного листа процесса прессования для определения наиболее приемлемых параметров процесса с точки зрения производительности и качества профилей для конкретного сплава и матрицы.</p>				
	<p>Правка растяжением и порезка играют важную роль в получении профиля с требуемой геометрией при максимальном выходе годного. Изменение величины удлинения при правке позволяет менять форму и размеры поперечного сечения профиля, хотя и в ограниченном диапазоне.</p>				
	<p>Управление процессом растяжения и порезки состоит в проверке размеров и массы погонного метра профиля с возможным изменением режимов работы пуллера, растяжной машины и прессы, а также в оценке выхода годного и возможному изменению длины заготовки.</p>				
	<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div>				
	<div>Лист 131</div>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Перв. изм.	<p>В зависимости от вида сплава и термической обработки (см. выше) меняются контролируемые параметры и, соответственно, схема управления процессом с точки зрения получения оптимального качества. Схемы управления для некоторых способов термообработки приведены в работе.</p> <p>Для увеличения коррозионной стойкости и улучшения внешнего вида готовый профиль обычно подвергают обработке поверхности. Она может производиться механическим способом, анодированием, электрополировкой и простой покраской. В соответствии с имеющимся оборудованием и требованиями клиента, производитель выбирает способ обработки поверхности и самостоятельно разрабатывает для него систему управления качеством.</p>				
<div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ
					Лист 132

Перв. примен.				
Справ. №				
Подпись и дата				
Инв. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

Новая матрица

↓

Контроль параметров конструкции

↓

ПУ?

Нет → **Корректировка матрицы**

Да → **Проверка параметров прессования**

↓

Контроль истечения металла, размеров, веса погонного метра изделия

↓

ПУ?

Нет → **Корректировка матрицы**

Да → **Продолжение хода производства**

↓

Проверка твердости и состояния поверхности матрицы в холодном состоянии

↓

ПУ?

Нет → **Полировка пояска/ Упрочнение поверхности (азотирование)**

Да → **Матрица пригодна для дальнейшего использования**

Рисунок 31

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист 133
					БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	

3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При расчете некоторых величин использованы заводские данные. Некоторые показатели брались и рассчитывались укрупнено.

3.1 Расчет нормы времени

Расчет нормы времени зависит от типа производства. При серийном производстве рассчитываем штучное время $t_{шт}$:

$$t_{шт} = t_o + t_{вн} + t_{обс} + t_{отд} \quad (4.1)$$

где t_o – основное время прессования детали (рассчитывается исходя из числа ходов пресса);

$$t_o = 7 \text{ сек.}$$

$t_{вн}$ – вспомогательное время;

$$t_{вн} = 3 \text{ сек.}$$

$t_{обс}$ – время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом, $t_{обс}$ в размере 10 % от $t_{опер}$;

$t_{отд}$ – время на отдых, $t_{отд}$ в размере 7 % от $t_{опер}$;

$$t_{шт} = 7 + 3 + 3 = 13 \text{ сек.}$$

Рассчитаем время затрачиваемое на годовой выпуск продукции:

$$T = t_{шт} \cdot N = \frac{13 \cdot 43500000}{6} = 565500000 \text{ сек} = 15083 \text{ ч.}$$

где N – годовая норма выпуска продукции.

3.2 Расчет действительного фонда времени работы оборудования и рабочих

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производится по формуле (18):

Перв. примен.	$F_{\phi}^0 = F_{НОМ}^0 \cdot k_{ППР} \quad (4.2)$																
	<p>где F_{ϕ}^0 - действительный фонд времени работы оборудования, ч/год.</p> <p>$F_{НОМ}^0$ - номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год.</p> <p>k – коэффициент учитывающий время по плану на капитальный и средний ремонт, текущее планово-предупредительное обслуживание,</p> <p>$k = 0,97$;</p> <p>Номинальный годовой фонд работы оборудования определяется по формуле:</p>																
Страв. №	$F_{НОМ}^0 = \frac{D_2 \cdot Ч_н}{D_н}, \quad (4.3)$																
Подпись и дата	<p>где D_2 – число дней работы в году, $D_2 = 330$ дня;</p> <p>$Ч_н$ – число часов работы в неделю, $Ч_н = 168$ ч;</p> <p>$D_н$ – число дней работы в неделю, $D_н = 7$ дней;</p>																
	$F_{НОМ}^0 = \frac{330 \times 168}{7} = 7920$																
	$F_{\phi} = 7920 \times 0.97 = 7682,4$																
Взлм. инв. №	<p>Действительный фонд времени рабочего рассчитывается по формуле (18):</p>																
$F_{\phi}^p = F_{НОМ}^p \cdot k_0, \quad (4.4)$																	
Подпись и дата	<p>где F_{ϕ}^p - действительный фонд времени рабочего, ч/год;</p> <p>$F_{НОМ}^p$ - номинальный фонд времени рабочего, ч/год;</p>																
Инв. № подл.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Изм.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">№ докум.</td> <td style="text-align: center;">Подпись</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> <td></td> </tr> </table>											Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата													
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ					Лист 135												

k_0 – коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска, болезни, выполнение общественных и государственных обязанностей, $k = 0,88$ (18);

$$F_{ном}^p = \frac{D_2 \cdot \chi_H}{D_H}, \quad (4.5)$$

где χ_H – число часов работы в педелью рабочего, $\chi_H = 48$ ч.

$$F_{ном}^p = \frac{330 \times 40}{7} = 1885,7 \text{ ч.}$$

$$F_{\partial}^p = 1885,7 \times 0.88 = 1659,4 \text{ ч.}$$

4.4. Методика расчета потребности в оборудовании и количестве рабочих

Расчетное количество сварочного оборудования, необходимое для выполнения планового задания C_p , следует определять следующим образом: [17]

$$C_p = \frac{t_{шт.к} \cdot N}{F_{\partial}^o \cdot k_v \cdot k_{пр}} \quad (4.6)$$

где N – годовая программа выпуска изделий, шт;

$t_{шт.к}$ – штучное время, ч;

F_{∂}^o – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

k_v – коэффициент выполнения норм выработки, ($k_v = 1,2$);

$k_{пр}$ – коэффициент простоя оборудования, ($k_{пр} = 0,8$).

$$C_p = \frac{0,014 \times 43500000}{7682,4 \times 1,2 \times 0,8} = 0,76$$

Согласно этому на участке по одной единице каждого типа оборудования.

Определяем коэффициент загрузки оборудования $\eta_{загр}$:

$$\eta_{загр} = 0,76/1 = 0,43$$

Определяем расчетное количество основных рабочих P^o_p :

Перв. примен.	Около 30% материала уходит в брак и тех. отход , в последствии переплавляется в годный материал, рассчитаем его:														
	$\frac{261000000 \times 30}{100} = 2610000;$														
Справ. №	Принимаем что 2610000кг\г-435000шт. уходит на переплавку.														
	435000шт. перепл. материала – 50% от стоимости , получаем 20р за метр готового про- дукта получаем 5220000руб/год.														
	$M_{\text{год}} = 17400000 - 8700000 = 8700000 \text{руб/год.}$														
3.6 Затраты на электроэнергию															
Затраты на силовую электроэнергию определяются по формуле:															
Подпись и дата	$S_3 = N_y \cdot k_m \cdot k_{вр} \cdot k_{п} \cdot z_{эл} \cdot T_{эл}$														
	где N_y - суммарная установленная мощность электродвигателей технологического обо- рудования;														
Инв. № дубл.	$N_y=22,5$ кВт;														
	k_m - средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности (k_m - 0,8);														
Взам. инв. №	$k_{вр}$ - средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени ($k_{вр}$ -0,7);														
	$k_{п}$ - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети ($k_{п}$ -1,04);														
Подпись и дата	$T_{эл}$ – время работы электродвигателей ($T_{эл} = 273$)														
	$z_{эл}$ -стоимость 1 кВт·ч электроэнергии														
Инв. № подл.	по данным Красэнергосбыта для промышленных предприятий $z_{эл}$ -3,5 руб;														
	η - средний коэффициент полезного действия для электродвигателей(η -0,9).														
$S_3 = 22,5 * 0,8 * 0,7 * 1,04 * 273 * 3,5 = 12521 \text{руб/год.}$															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						Лист 139
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											

Перв. примен.	$S_{\text{э/шт}} = 12521/20000 = 0,62 \text{руб/шт}$ <p>Итого затраты на эл. энергию: 12521 руб.</p>														
	<h3>3.7 Заработная плата</h3> <p>Весьма существенным в установлении условий, стимулирующий рост производительности труда, является правильный выбор формы заработной платы.</p> <p>При работе с регламентированным ритмом наиболее приемлемой является простая сдельная и повременно-премиальная.</p> <p>Годовой фонд заработной платы основных и вспомогательных рабочих-повременщиков определяется по формуле:</p> $Z_{\text{раб}} = T_{\text{п}} \cdot F_{\text{д}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{р}}$ <p>где $T_{\text{п}}$- часовая тарифная ставка рабочих в данной профессии;</p> <p>$F_{\text{д}}$- действительный годовой фонд времени одного рабочего;</p> <p>$k_{\text{пр}}$- коэффициент, учитывающий величину премии, $k_{\text{пр}}=1,1$;</p> <p>$k_{\text{р}}$- районный коэффициент (г. Красноярск),</p> <p>$k_{\text{р}}=1,3$.</p> <p>Затраты на зарплату прессовщика по выпуску годовой:</p> $Z_{\text{раб}}=120 \cdot 273 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 46847 \text{ руб/год};$ $Z_{\text{раб}}=46847/26000 = 1,8 \text{ руб/шт};$ <p>Затраты на зарплату резчика по выпуску годовой:</p>														
Справ. №															
Подпись и дата															
Инв. № дубл.															
Взам. инв. №															
Подпись и дата															
Инв. № подл.															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						<div>БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</div> <div>Лист 140</div>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата											

Перв. примен.	$З_{\text{раб}} = 95 \cdot 273 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37087 \text{ руб/год};$ $З_{\text{раб}} = 37087 / 26000 = 1,4 \text{ руб/шт};$ <p>Затраты на зарплату вспомогательного рабочего по выпуску годовой:</p> $З_{\text{раб}} = 55 \cdot 273 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 21472 \text{ руб/год};$ $З_{\text{раб}} = 21472 / 26000 = 1,1 \text{ руб/шт};$				
	Справ. №	<p>Сумма заработных выплат:</p> $\sum З_{\text{раб}} = 105406 \text{ руб/год}$ $\sum З_{\text{раб}} = 5,27 \text{ руб/шт}$			
Подпись и дата		<p>Отчисления на социальные нужды:</p> $З_{\text{соц}} = \sum З_{\text{раб}} \cdot 0,312 = 105406 \cdot 0,3 = 31622 \text{ руб/год}$ $З_{\text{соц}} = \sum З_{\text{раб}} \cdot 0,312 = 5,27 \cdot 0,3 = 1,6 \text{ руб/шт}$			
	Инв. № дубл.	<h3>3.8 Амортизация</h3> <p>Амортизация на приобретаемое оборудование начисляется линейным способом.</p>			
Взам. инв. №		<p>При его реализации годовая сумма амортизационных отчислений определяется исходя из нормы амортизации и первоначальной стоимости объекта, принятого на учет по формуле:</p> $A_r = H_r \cdot \Phi_n$ <p>где A_r – годовая сумма амортизационных отчислений, руб; H_r – годовая норма амортизации, %;</p>			
	Подпись и дата				
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
<div>Лист 141</div>					

Стор. №	Пер. прил.					<p>$\Phi_{\text{н}}$ - первоначальная стоимость объекта основных фондов.</p> <p>Годовая сумма ремонтных отчислений определяется по формуле:</p> $P_r = N_r \cdot \Phi_{\text{н}}$ <p>где P_r - годовая сумма ремонтных отчислений, руб;</p> <p>N_r - годовая норма ремонта, %;</p> <p>$\Phi_{\text{н}}$ - первоначальная стоимость объекта основных фондов.</p>																																			
						<p>Таблица 27 (1)- Расчет годовых амортизационных отчислений</p>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">Оборудование</th> <th style="width: 10%;">Количество, шт.</th> <th style="width: 15%;">Цена 1 ед. оборудования, руб.</th> <th style="width: 10%;">Годовая норма амортизации, %</th> <th style="width: 10%;">Годовые затраты на ремонт, %</th> <th style="width: 15%;">Годовые амортизационные отчисления</th> <th style="width: 10%;">Годовые затраты на ремонт, руб</th> </tr> <tr> <td>Гидравлический пресс ПБ6330-2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: right;">1445300</td> <td style="text-align: center;">5,6</td> <td style="text-align: center;">7,1</td> <td style="text-align: right;">80948</td> <td style="text-align: right;">102630</td> </tr> <tr> <td>Гильотинные ножницы Модель НЗ118</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: right;">630000</td> <td style="text-align: center;">4,2</td> <td style="text-align: center;">5,2</td> <td style="text-align: right;">26460</td> <td style="text-align: right;">32760</td> </tr> <tr> <td>Пакет штампа</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: right;">80000</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">3,6</td> <td style="text-align: right;">16000</td> <td style="text-align: right;">2880</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Итого</td> <td style="text-align: right;">123408</td> <td style="text-align: right;">138270</td> </tr> </table>							Оборудование	Количество, шт.	Цена 1 ед. оборудования, руб.	Годовая норма амортизации, %	Годовые затраты на ремонт, %	Годовые амортизационные отчисления	Годовые затраты на ремонт, руб	Гидравлический пресс ПБ6330-2	1	1445300	5,6	7,1	80948	102630	Гильотинные ножницы Модель НЗ118	1	630000	4,2	5,2	26460	32760	Пакет штампа	1	80000	20	3,6	16000	2880	Итого					123408	138270
Оборудование	Количество, шт.	Цена 1 ед. оборудования, руб.	Годовая норма амортизации, %	Годовые затраты на ремонт, %	Годовые амортизационные отчисления	Годовые затраты на ремонт, руб																																			
Гидравлический пресс ПБ6330-2	1	1445300	5,6	7,1	80948	102630																																			
Гильотинные ножницы Модель НЗ118	1	630000	4,2	5,2	26460	32760																																			
Пакет штампа	1	80000	20	3,6	16000	2880																																			
Итого					123408	138270																																			
Подпись и дата	Имя, № докум.					<p>Таблица 28 (2)- Техничко-экономические показатели</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 60%;">Паименование</th> <th style="width: 20%;">Единица измерения</th> <th style="width: 20%;">Значение</th> </tr> <tr> <td>1) Программа выпуска</td> <td style="text-align: center;">шт</td> <td style="text-align: right;">261000</td> </tr> <tr> <td>2) Трудоёмкость</td> <td style="text-align: center;">сек/шт</td> <td style="text-align: right;">49,14</td> </tr> <tr> <td>3) Кол-во оборудования</td> <td style="text-align: center;">шт</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>4) Кол-во рабочих</td> <td style="text-align: center;">Чел.</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </table>		Паименование	Единица измерения	Значение	1) Программа выпуска	шт	261000	2) Трудоёмкость	сек/шт	49,14	3) Кол-во оборудования	шт	1	4) Кол-во рабочих	Чел.	3																			
	Паименование	Единица измерения	Значение																																						
1) Программа выпуска	шт	261000																																							
2) Трудоёмкость	сек/шт	49,14																																							
3) Кол-во оборудования	шт	1																																							
4) Кол-во рабочих	Чел.	3																																							
Имя, № подл.	Имя, № подл.					<p style="text-align: center; font-weight: bold;">БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ</p>																																			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			Лист																																		
							142																																		

Перв. примен.				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Наименование</th> <th>Единица измерения</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5) Капитальные вложения</td> <td>руб</td> <td>12155500</td> </tr> <tr> <td>6) Технологическая себестоимость</td> <td></td> <td>419227</td> </tr> <tr> <td>-материальные затраты</td> <td>руб/год</td> <td>8000</td> </tr> <tr> <td>- Затраты на эл.энергию</td> <td>руб/год</td> <td>12521</td> </tr> <tr> <td>- Заработная плата</td> <td>руб/год</td> <td>137028</td> </tr> <tr> <td>- Амортизационные отчисления и ремонт</td> <td>руб/год</td> <td>261678</td> </tr> <tr> <td>Себестоимость единицы продукции</td> <td>руб/шт</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table>			Наименование	Единица измерения	Значение	5) Капитальные вложения	руб	12155500	6) Технологическая себестоимость		419227	-материальные затраты	руб/год	8000	- Затраты на эл.энергию	руб/год	12521	- Заработная плата	руб/год	137028	- Амортизационные отчисления и ремонт	руб/год	261678	Себестоимость единицы продукции	руб/шт	21
	Наименование	Единица измерения	Значение																											
5) Капитальные вложения	руб	12155500																												
6) Технологическая себестоимость		419227																												
-материальные затраты	руб/год	8000																												
- Затраты на эл.энергию	руб/год	12521																												
- Заработная плата	руб/год	137028																												
- Амортизационные отчисления и ремонт	руб/год	261678																												
Себестоимость единицы продукции	руб/шт	21																												
Справ. №																														

Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ	Лист
						143

Перв. примен.	4 ЛИТЕРАТУРА																
	<p>1 Каталог профилей систем СИАЛ, Красноярск, 2014</p> <p>2 Данченко В.П., Миленин А.А., Головки А.П. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология. - Днепропетровск: ДПВП "Сис-темные технологии", 2001. - 448 с.</p> <p>3 Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справочник. – М.: Металлургия, 1982, с. 312.</p> <p>4 Шевакин Ю.Ф. - Производство труб. – М.: Металлургия, 1968, с. 440.</p> <p>5 Арчакова З.П., Балахонцев Г.А. и др. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Справочник. – М.: Металлургия, 1984, с. 408.</p> <p>6 ГОСТ 22233-2001* Профили прессованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций. Технические условия.</p> <p>7 М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб.и доп. М., "Машиностроение", 1977.</p> <p>8 Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. –М.: Машгиз, 1978. – 368 с.</p>																
Справ. №																	
Подпись и дата																	
Инв. № дубл.																	
Взам. инв. №																	
Подпись и дата																	
Инв. № подл.																	
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td>144</td> </tr> </table>	Лист	144
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата													
Лист																	
144																	
БР-15.03.01.03 071202447 ПЗ																	